This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Annex Anat

PLEASE DO NOT REMOVE THIS BAND

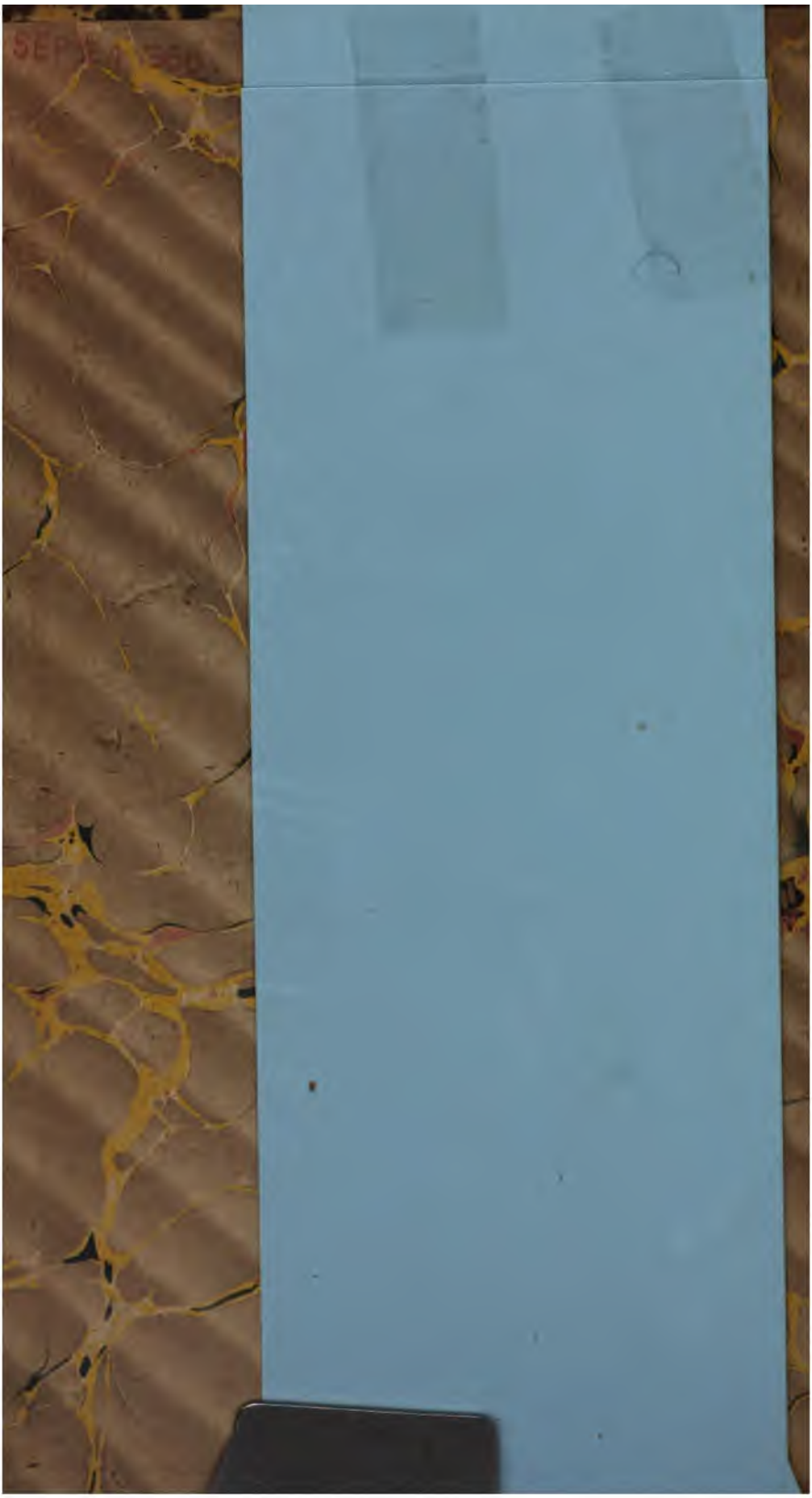
REMOTE STORAGE

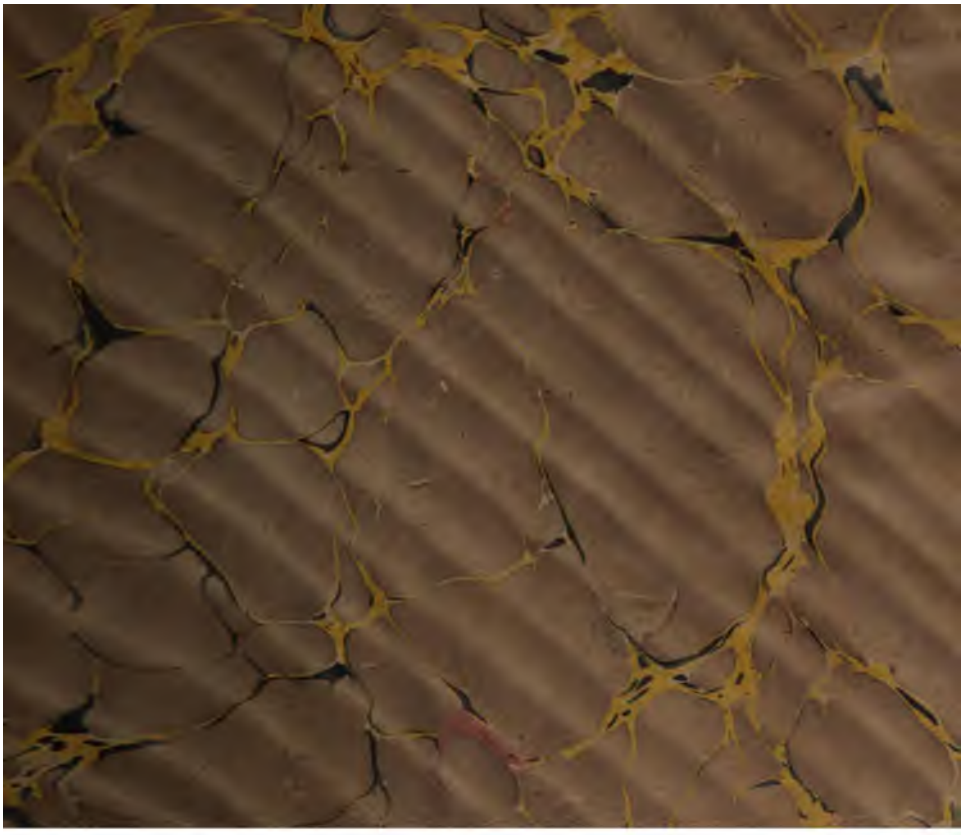
Please return at the circulation desk.
To renew your material call:
(650) 723-6691 ext. 3

1851

Date due in Lane Library:

OCT 6 2005





LANE

MEDICAL LIBRARY

Gift

Percy M. Dawson, M.D.

Librairie de J.-B. Baillière.

Traité de physiologie considérée comme science d'observation, par G.-F. Burdach, professeur à l'Université de Kœnisgberg, avec des additions par MM. les professeurs Baer, Moser, Meyer, J. Muller, Rathke, Siebold, Valentin, Wagner. Traduit de l'allemand sur la deuxième édition, par A.-J.-L. Jourdan. *Ouvrage complet.* Paris, 1837-1841, 9 forts vol. in-8, figures. 63 fr.

Encyclopédie anatomique, comprenant l'Anatomie descriptive, l'Anatomie générale, l'Anatomie pathologique, l'histoire du Développement, par G.-T.-L. Bischoff, J. Henle, E. Huschke, S.-T. Sœmmerring, F.-G. Theile, G. Valentin, L. Vogel, R. Wagner, G. et E. Weber, traduit de l'allemand par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1843-1847, 8 forts volumes in-8. Prix de chaque volume (en prenant tout l'ouvrage) : 7 fr. 50 c.
Prix des deux Atlas in-4 : 7 fr. 50 c.
On peut se procurer chaque traité séparément :
1° *Ostéologie et syndesmologie*, par S.-T. Soemmerring.— Mécanique des organes de la locomotion chez l'homme par G. et E. Weber, in-8, avec Atlas in-4 de 17 pl. 12 fr.
2° *Traité de myologie et d'anaéiologie*, par F.-G. Theile. 1 vol. in-8. 7 fr. 50 c.
3 *Traité de névrologie*, par G. Valentin. 1 vol. in-8, avec figures. 8 fr.
4° *Traité d'anatomie générale*, ou Histoire des tissus et de la composition chimique du corps humain, par Henle. 2 vol. in-8 avec 5 planches gravées. 15 fr.
5° *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, suivi d'une *Histoire du développement de l'œuf du lapin*, par le docteur T.-L.-G. Bischoff. 1 vol. in-8, avec Atlas in-4 de 16 planches. 15 fr.
6° *Traité de splanchnologie et des organes des sens*, par E. Huschke. Paris, 1845, in-8 de 850 pages, avec 5 planches gravées. 8 fr. 50 c.
7° *Anatomie pathologique générale*, par J. Vogel. Paris, 1847, 1 vol. in-8. 7 fr. 50 c.
Cette *Encyclopédie anatomique*, réunie aux *Traités de physiologie* de Burdach et de J. Muller, forme un ensemble complet des deux sciences sur lesquelles repose l'édifice entier de la médecine.

La Névrologie, ou description et iconographie du système nerveux et des organes des sens de l'homme, avec leur mode de preparation, par M. le docteur Ludovic Hirschfeld, professeur d'anatomie, et M. J.-B. Léveillé, dessinateur.
Cet ouvrage, composé de 90 planches in-4, dessinées d'après nature, et lithographiées par M. Léveillé, est publié en dix livraisons, chacune de 9 planches, avec un texte descriptif et raisonné. Paris, 1850-1852, un beau volume in-4.
Prix de la livraison, figures noires, 5 fr.
— figures coloriées, 10 fr.
Préparateur d'un grand nombre de pièces anatomiques conservées au musée de la Faculté de medecine de Paris, prosecteur et collaborateur de M. Bourgery, M. Ludovic Hirschfeld a dû se liver à de nombreuses recherches et faire de l'anatomie une étude de prédilection. Chargé d'exécuter toutes les préparations névrologiques du grand ouvrage d'anatomie de M. Bourgery, il n'est pas un point du système nerveux qu'il n'ait vérifié lui-même le scalpel à la main. Enfin, c'est après huit années d'enseignement particulier de l'anatomie à l'École pratique de Paris que M. Ludovic Hirschfeld est parvenu à simplifier l'étude si compliquée du système nerveux.

Cours de microscopie complémentaire des études médicales, Anatomie microscopique et physiologie des fluides de l'économie, par le docteur A. Donné, inspecteur général des Écoles de médecine, ancien chef de clinique de la Faculté de médecine de Paris, professeur de microscopie. Paris, 1844, in-8 de 558 pages. 7 fr. 50 c.

Atlas du cours de microscopie exécuté d'après nature, au microscope-daguerréotype, par le docteur A. Donné et L. Foucault. Paris, 1845, in-fol. de 20 planches, contenant 80 figures gravées avec soin, avec un texte descriptif. 30 fr.
C'est pour la première fois que les auteurs, ne voulant se fier ni à leur propre main, ni à celle d'un dessinateur, ont eu la pensée d'appliquer la merveilleuse découverte du daguerréotype à la représentation des sujets scientifiques; c'est un avantage qui sera apprécié des observateurs que celui d'avoir pu reproduire les objets tels qu'ils se trouvent disséminés dans le champ microscopique, au lieu de se borner au choix de quelques échantillons, comme on le fait généralement, car dans cet ouvrage tout est reproduit avec une fidélité rigoureuse inconnue jusqu'ici, au moyen des procédés photographiques.

Du microscope et des injections dans leurs applications à l'anatomie et à la pathologie, suivi d'une Classification des sciences fondamentales, de celle de la biologie et de l'anatomie en particulier, par le docteur Ch. Robin, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, membre de la Société philomatique, de la Société de biologie. Paris, 1849, in-8 de 450 pages, avec 23 figures intercalées dans le texte et 4 planches gravées. 7 fr.

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

MANUEL

DE

PHYSIOLOGIE

PAR

J. MUELLER,
Professeur d'anatomie et de physiologie à l'Université de Berlin, etc.

TRADUIT DE L'ALLEMAND SUR LA DERNIÈRE ÉDITION,
AVEC DES ADDITIONS,

PAR A.-J.-L. JOURDAN,
Membre de l'Académie nationale de médecine.

Deuxième Édition revue et annotée

PAR É. LITTRÉ,
De l'Institut, de la Société d'histoire naturelle de Halle, de la Société de biologie de Paris, de la Société médicale d'Athènes, et correspondant de l'Académie herculanéenne d'archéologie.

Accompagné de 320 figures intercalées dans le texte
ET DE 4 PLANCHES GRAVÉES.

TOME SECOND.

Le ... M. Mussat. 1854. N° 07.

E. Mussat

A PARIS,
CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE,
19, rue Hautefeuille;
à Londres, chez H. Baillière, 219, Regent street;
A New-York, chez H. BAILLIÈRE, libraire, 290, Broadway;
A MADRID, CHEZ C. BAILLY-BAILLIÈRE, CALLE DEL PRINCIPE, 11.
1851.

W 31
M946j
1851
V. 2

MANUEL DE PHYSIOLOGIE.

LIVRE QUATRIÈME.

DES MOUVEMENTS, DE LA VOIX ET DE LA PAROLE.

SECTION I.

DES ORGANES, DES PHÉNOMÈNES ET DES CAUSES DU MOUVEMENT ANIMAL.

CHAPITRE PREMIER.

Des différentes formes de mouvement et d'organes moteurs.

Lorsque l'on considère les animaux d'une manière générale, on peut partager les mouvements que la vie donne aux parties solides en deux classes entièrement différentes l'une de l'autre par la nature de leurs organes, de leurs phénomènes et de leurs causes. Ces classes comprennent, l'une le mouvement dû à la contraction de fibres, et l'autre celui qui doit naissance aux oscillations de cils libres à leurs extrémités, sans qu'on puisse apercevoir d'appareil organique autre que les cils eux-mêmes.

Dans le premier cas, des fibres fixées à leurs deux bouts, ou des fibres courbes, qui reviennent circulairement sur elles-mêmes, se raccourcissent, et leur diminution de longueur a pour effet de rapprocher les parties auxquelles elles sont attachées. La plupart des mouvements de ce genre sont opérés par des fibres musculaires. Quelques uns, en petit nombre, le sont par des fibres dont la structure et les propriétés chimiques diffèrent de celles des fibres musculaires.

Dans le second cas, on découvre, avec le secours du microscope, que la surface de certaines membranes est garnie de cils déliés, qui oscillent suivant une direction déterminée, et dont les extrémités libres décrivent des segments de cercle autour de leurs bases. Ici il n'y a que l'extrémité basilaire de l'organe moteur qui soit fixée.

Le mouvement des fibres, et spécialement le mouvement musculaire, ont pour effet, tantôt de rapprocher des parties solides, tantôt de faire marcher des liquides

dans des tubes garnis de tuniques musculeuses. Le mouvement vibratile se borne à pousser des liquides et des particules solides d'une ténuité microscopique le long des parois de membranes, sans que les liquides ainsi mis en mouvement remplissent la cavité entière des utricules, comme ils le font dans le cas précédent, et sans que les parois à la surface desquelles ces phénomènes ont lieu se contractent.

Le mouvement par les fibres est beaucoup plus répandu que le mouvent vibratile. Tous les mouvements des parties solides comprises entre la peau et le squelette, tous ceux d'utricules entiers, ou de parties d'utricules, en tant qu'ils dépendent d'actions vitales, et ne résultent pas de la seule élasticité physique, sont produits par des contractions de plans fibreux. Quant au mouvement vibratile, non seulement on ne l'observe qu'à la surface de membranes, mais encore il n'y a qu'un petit nombre de membranes qui l'offrent : ainsi on le voit fréquemment, chez les animaux inférieurs, sur la peau muqueuse qui forme les téguments extérieurs ; chez les animaux supérieurs, quelques unes des membranes muqueuses de l'intérieur du corps le présentent.

L'expansion du tissu fibreux contractile, notamment du tissu musculaire, forme trois couches, dont la disposition se lie à la formation première de l'organisme. En effet, tous les systèmes proviennent des feuillets de la membrane proligère, qui, dans le principe, couvre le jaune en manière de disque ; tandis que le feuillet extérieur et le feuillet intérieur de la membrane proligère, ou son feuillet séreux et son feuillet muqueux, ainsi que le feuillet vasculaire compris entre eux, se recourbent sur eux-mêmes de manière à produire une excavation, et qu'en formant cette cavité, la portion embryonnaire de la membrane proligère se sépare du reste de celle-ci par un étranglement qui correspond à la région de l'ombilic futur; du feuillet extérieur naît la partie du corps qui est susceptible de mouvements soumis à la volonté, du feuillet intérieur celle qui n'est apte qu'à des mouvements involontaires, et du feuillet intermédiaire, le cœur avec toutes les dépendances du système vasculaire sanguin, qui, plus tard, se ramifient dans les formations du feuillet externe et du feuillet interne. La partie animale du corps, originairement émanée du feuillet externe de la membrane proligère, se sépare à son tour en diverses formations, qui sont celles du système nerveux de la vie animale, du système osseux, du système musculaire obéissant à la volonté, et de la peau extérieure. La partie organique du corps, celle qui provient du feuillet interne de la membrane proligère, se divise également en différentes formations, telles que les membranes fibreuses, constituant la base du système organique (tunique fibreuse du canal intestinal, tunique nerveuse des anciens), les membranes séreuses, les membranes muqueuses, formant la limite interne des cavités qui communiquent avec le monde extérieur, la couche musculaire étendue entre la tunique fibreuse et la membrane séreuse, enfin le système nerveux de la vie organique. A cette partie organique du corps appartiennent le tube intestinal, les organes urinaires et les organes génitaux, dont les utricules sont presque généralement revêtus d'une couche musculaire. Partout où ces utricules sont susceptibles de mouvements, ceux-ci dépendent de la seule couche musculaire du système organique, à l'exclusion toutefois des muscles du pharynx et de ceux du périnée, qui sont susceptibles de mouvements volontaires, et qui dépendent de la partie animale du

corps. Une couche musculaire qui est le prolongement du plan musculaire de ces utricules, s'étend aussi sur les conduits excréteurs des glandes annexées au système organique ; et quoique la délicatesse des parties n'ait point encore permis de démontrer anatomiquement la présence du tissu musculaire dans ces conduits avec autant de certitude qu'elle l'a été dans d'autres prolongements de la peau, elle n'en est pas moins hors de doute, puisque le canal cholédoque, les uretères, les conduits déférents, se contractent, soit spontanément, soit sous l'influence d'irritations exercées sur eux. En effet, les conduits excréteurs et leurs glandes procèdent aussi, quant à leur formation première, des parois des utricules dans lesquels ils s'abouchent, ce qui du moins est démontré pour les appareils glanduleux du tube intestinal.

Les muscles de la partie animale du corps ne se distinguent pas seulement par leur mouvement soumis à l'empire de la volonté, par leur couleur rouge et par leur fermeté, des couches musculeuses pâles et non volontairement mobiles de la partie organique du corps ; leur structure microscopique est aussi totalement différente. Nous verrons plus tard qu'il n'y a que les faisceaux musculaires du système animal qui montrent des rides transversales, quand on les examine au microscope ; que les fibres primitives de ces muscles ont des renflements variqueux réguliers et très rapprochés les uns des autres, tandis que les faisceaux musculaires du tube intestinal, de la vessie, de la matrice, sont dénués de ces rides transversales, et que leurs fibres primitives représentent des cylindres tout à fait uniformes. A l'œsophage, les deux systèmes sont séparés l'un de l'autre par une ligne de démarcation bien tranchée : les muscles du pharynx appartiennent au système animal, et ceux de l'œsophage font déjà partie du système organique : aussi les premiers présentent-ils au microscope des rides transversales, et leurs fibres primitives sont-elles variqueuses, tandis que les autres n'ont point de rides transversales, et que leurs fibres sont lisses. Mais le premier quart de l'œsophage, jusqu'à une limite nettement tranchée, présente encore des anses, des faisceaux descendants et ascendants de fibres variqueuses, que Schwann a découverts, et qui, appartenant à l'appareil des muscles pharyngiens proprement dits, ne s'observent pas sur le reste de l'œsophage. A l'anus, le système animal des muscles du périnée se lie, par le moyen du sphincter, au système organique du tube intestinal. La même chose se voit à la vessie ; car, d'après mes observations, les faisceaux musculaires rouges qui entourent la portion membraneuse de l'urètre ont des rides transversales, et leurs fibres primitives sont variqueuses, au lieu que les fibres musculaires de la vessie sont pâles, sans rides transversales, et que leurs fibres primitives ressemblent à celles du canal intestinal.

Du feuillet médian de la membrane vasculaire se développe l'appareil du système vasculaire, avec le cœur. Cette couche, qui plus tard se ramifie dans les autres, n'est pourvue de fibres contractiles que sur certains points, comme au cœur, au commencement de la veine cave et de la veine pulmonaire, et aux cœurs lymphatiques des reptiles. Toutes les autres parties du système vasculaire sont sans fibres musculaires ; mais le système artériel entier contient, dans sa tunique moyenne, un appareil dont l'élasticité extraordinaire ne doit point être confondue avec la contractilité vivante des muscles, puisque ce tissu, comme tous ceux qui jouissent de la même propriété, ne la perd pas, alors même qu'il est demeuré pendant

dans des tubes garnis de tuniques musculeuses. Le mouvement vibratile se borne à pousser des liquides et des particules solides d'une ténuité microscopique le long des parois de membranes, sans que les liquides ainsi mis en mouvement remplissent la cavité entière des utricules, comme ils le font dans le cas précédent, et sans que les parois à la surface desquelles ces phénomènes ont lieu se contractent.

Le mouvement par les fibres est beaucoup plus répandu que le mouvent vibratile. Tous les mouvements des parties solides comprises entre la peau et le squelette, tous ceux d'utricules entiers, ou de parties d'utricules, en tant qu'ils dépendent d'actions vitales, et ne résultent pas de la seule élasticité physique, sont produits par des contractions de plans fibreux. Quant au mouvement vibratile, non seulement on ne l'observe qu'à la surface de membranes, mais encore il n'y a qu'un petit nombre de membranes qui l'offrent : ainsi on le voit fréquemment, chez les animaux inférieurs, sur la peau muqueuse qui forme les téguments extérieurs ; chez les animaux supérieurs, quelques unes des membranes muqueuses de l'intérieur du corps le présentent.

L'expansion du tissu fibreux contractile, notamment du tissu musculaire, forme trois couches, dont la disposition se lie à la formation première de l'organisme. En effet, tous les systèmes proviennent des feuillets de la membrane proligère, qui, dans le principe, couvre le jaune en manière de disque ; tandis que le feuillet extérieur et le feuillet intérieur de la membrane proligère, ou son feuillet séreux et son feuillet muqueux, ainsi que le feuillet vasculaire compris entre eux, se recourbent sur eux-mêmes de manière à produire une excavation, et qu'en formant cette cavité, la portion embryonnaire de la membrane proligère se sépare du reste de celle-ci par un étranglement qui correspond à la région de l'ombilic futur ; du feuillet extérieur naît la partie du corps qui est susceptible de mouvements soumis à la volonté, du feuillet intérieur celle qui n'est apte qu'à des mouvements involontaires, et du feuillet intermédiaire, le cœur avec toutes les dépendances du système vasculaire sanguin, qui, plus tard, se ramifient dans les formations du feuillet externe et du feuillet interne. La partie animale du corps, originairement émanée du feuillet externe de la membrane proligère, se sépare à son tour en diverses formations, qui sont celles du système nerveux de la vie animale, du système osseux, du système musculaire obéissant à la volonté, et de la peau extérieure. La partie organique du corps, celle qui provient du feuillet interne de la membrane proligère, se divise également en différentes formations, telles que les membranes fibreuses, constituant la base du système organique (tunique fibreuse du canal intestinal, tunique nerveuse des anciens), les membranes séreuses, les membranes muqueuses, formant la limite interne des cavités qui communiquent avec le monde extérieur, la couche musculaire étendue entre la tunique fibreuse et la membrane séreuse, enfin le système nerveux de la vie organique. A cette partie organique du corps appartiennent le tube intestinal, les organes urinaires et les organes génitaux, dont les utricules sont presque généralement revêtus d'une couche musculaire. Partout où ces utricules sont susceptibles de mouvements, ceux-ci dépendent de la seule couche musculaire du système organique, à l'exclusion toutefois des muscles du pharynx et de ceux du périnée, qui sont susceptibles de mouvements volontaires, et qui dépendent de la partie animale du

corps. Une couche musculaire qui est le prolongement du plan musculaire de ces utricules, s'étend aussi sur les conduits excréteurs des glandes annexées au système organique ; et quoique la délicatesse des parties n'ait point encore permis de démontrer anatomiquement la présence du tissu musculaire dans ces conduits avec autant de certitude qu'elle l'a été dans d'autres prolongements de la peau, elle n'en est pas moins hors de doute, puisque le canal cholédoque, les uretères, les conduits déférents, se contractent, soit spontanément, soit sous l'influence d'irritations exercées sur eux. En effet, les conduits excréteurs et leurs glandes procèdent aussi, quant à leur formation première, des parois des utricules dans lesquels ils s'abouchent, ce qui du moins est démontré pour les appareils glanduleux du tube intestinal.

Les muscles de la partie animale du corps ne se distinguent pas seulement par leur mouvement soumis à l'empire de la volonté, par leur couleur rouge et par leur fermeté, des couches musculeuses pâles et non volontairement mobiles de la partie organique du corps ; leur structure microscopique est aussi totalement différente. Nous verrons plus tard qu'il n'y a que les faisceaux musculaires du système animal qui montrent des rides transversales, quand on les examine au microscope ; que les fibres primitives de ces muscles ont des renflements variqueux réguliers et très rapprochés les uns des autres, tandis que les faisceaux musculaires du tube intestinal, de la vessie, de la matrice, sont dénués de ces rides transversales, et que leurs fibres primitives représentent des cylindres tout à fait uniformes. A l'œsophage, les deux systèmes sont séparés l'un de l'autre par une ligne de démarcation bien tranchée : les muscles du pharynx appartiennent au système animal, et ceux de l'œsophage font déjà partie du système organique : aussi les premiers présentent-ils au microscope des rides transversales, et leurs fibres primitives sont-elles variqueuses, tandis que les autres n'ont point de rides transversales, et que leurs fibres sont lisses. Mais le premier quart de l'œsophage, jusqu'à une limite nettement tranchée, présente encore des anses, des faisceaux descendants et ascendants de fibres variqueuses, que Schwann a découverts, et qui, appartenant à l'appareil des muscles pharyngiens proprement dits, ne s'observent pas sur le reste de l'œsophage. A l'anus, le système animal des muscles du périnée se lie, par le moyen du sphincter, au système organique du tube intestinal. La même chose se voit à la vessie ; car, d'après mes observations, les faisceaux musculaires rouges qui entourent la portion membraneuse de l'urètre ont des rides transversales, et leurs fibres primitives sont variqueuses, au lieu que les fibres musculaires de la vessie sont pâles, sans rides transversales, et que leurs fibres primitives ressemblent à celles du canal intestinal.

Du feuillet médian de la membrane vasculaire se développe l'appareil du système vasculaire, avec le cœur. Cette couche, qui plus tard se ramifie dans les autres, n'est pourvue de fibres contractiles que sur certains points, comme au cœur, au commencement de la veine cave et de la veine pulmonaire, et aux cœurs lymphatiques des reptiles. Toutes les autres parties du système vasculaire sont sans fibres musculaires ; mais le système artériel entier contient, dans sa tunique moyenne, un appareil dont l'élasticité extraordinaire ne doit point être confondue avec la contractilité vivante des muscles, puisque ce tissu, comme tous ceux qui jouissent de la même propriété, ne la perd pas, alors même qu'il est demeuré pendant un

grand nombre d'années immergé dans l'esprit-de-vin. Le tissu musculaire qui se développe dans le feuillet vasculaire de la membrane proligère, bien qu'il ne se meuve qu'involontairement, autant qu'on en peut juger d'après le cœur, n'appartient pas à la même catégorie que les autres muscles de la partie organique du corps qui ne reconnaissent pas l'empire de la volonté ; il n'est pas seulement rouge, mais encore il est construit absolument comme le sont tous les muscles volontaires de la partie animale du corps, c'est-à-dire que ses faisceaux montrent des rides transversales au microscope, et que ses fibres primitives sont variqueuses.

Les fibres musculaires ne sont point les seules qui jouissent de la contractilité vitale. Il en est d'une tout autre espèce, qui, à l'égard tant de leur forme microscopique que de leur composition chimique, ressemblent à celles du tissu cellulaire, lesquelles, chimiquement parlant, s'éloignent tout à fait du tissu musculaire. Les parties dans lesquelles ce tissu existe montrent un faible et insensible degré de contractilité, et l'on ne peut point y exciter de convulsions, comme dans les muscles ; l'électricité ne les détermine pas non plus à se contracter, tandis que le froid et même des excitations mécaniques provoquent, souvent avec assez de rapidité, la faible contractilité dont elles jouissent. On peut citer pour exemple le dartos ; mais cette classe renferme encore diverses autres parties, dont il sera question plus tard. La seule chose que je dois faire remarquer ici, par anticipation, c'est que cette espèce de tissu contractile, qui est d'ailleurs peu répandu, puisqu'on n'en trouve qu'à la peau et aux plus petites artères, se rapproche, au point de vue chimique, autant qu'on peut en juger d'après le dartos, des corps qui donnent de la colle par la coction, et non des corps albumineux, auxquels se rapportent les deux classes de muscles. On n'a pas suffisamment examiné jusqu'à quel point la contractilité organique appartient à d'autres tissus encore, attendu que la faiblesse des résultats produits par cette contractilité insensible, par cette tonicité, partout où les phénomènes sont peu prononcés, oppose d'insurmontables difficultés aux recherches. Il paraît cependant que, comme on ne peut refuser qu'à très peu de tissus contenant du tissu cellulaire l'aptitude à changer de cohérence sous l'influence de médicaments qui exercent une action chimique, ces tissus jouissent aussi de quelque contractilité, mais à un très faible degré. Pendant la vie, les membranes perméables aux liquides ne les laissent point passer ; mais cette résistance de leur part semble être souvent suspendue dans les maladies, et jamais elle ne s'observe après la mort. Les idées que nous nous faisons du relâchement et du resserrement des tissus supposent aussi, en tant qu'elles reposent sur des faits, une variabilité dans la faculté de faire équilibre à la pénétration passive des liquides d'après les lois physiques.

La seconde espèce fondamentale de mouvement animal, celle qui a lieu par des cils libres (1), a été observée sur certaines membranes de la partie animale et de la partie organique du corps, et il est, jusqu'à un certain point, vraisemblable que,

(1) Les principaux écrits sur le mouvement vibratile sont : PURKINJE et VALENTIN, dans MUELLER's *Archiv*, t. I, p. 391 ; t. II, p. 159. — PURKINJE et VALENTIN, *De phænomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui in membranis*, etc. Breslau, 1835. — SHARPEY, dans *Edinb. med. Journ.*, 34, et dans *Edinb. new phys. Journ.*, 19, n° 37, jul. 1835. — GRANT, *Edinb. new phil. Journ.*, 1826 ; *Edinb. Journ. of scienc.*, n° 13, juillet 1827. — DONNÉ, *Cours de microscopie*. Paris, 1845, p. 170, pl. IX, fig. 34-34 *bis*.

du moins chez quelques animaux inférieurs, ce mouvement se rencontre aussi dans la couche vasculaire, savoir dans l'intérieur des vaisseaux, sur leurs parois. Chez beaucoup d'animaux inférieurs, on l'observe dans la partie animale du corps, c'est-à-dire sur toute la surface extérieure. Chez les animaux supérieurs, il n'a été remarqué à la surface de la peau que dans l'état embryonnaire de ces êtres, comme chez les embryons de grenouille; quelque uns l'ont offert aussi dans leur état de larve, tels que les têtards des batraciens. Dans la partie organique du corps, quelques membranes muqueuses l'offrent, et on peut l'y voir sans peine jusque chez l'homme, depuis que Purkinje et Valentin l'ont découvert chez les vertébrés supérieurs. Généralement ce phénomène n'a été observé que sur les membranes muqueuses, à la catégorie desquelles appartient aussi la peau des têtards de grenouille et des animaux inférieurs. Cependant Sharpey l'a remarqué sur les parois internes de la cavité des astéries, qui contient les viscères de ces animaux, et dans laquelle l'eau trouve accès : il l'a vue également, dans l'aphrodite, à la surface extérieure de l'intestin et de ses cæcums, ainsi qu'aux parois des cellules dorsales dans lesquelles les cæcums sont placés. Il pourrait donc bien se faire que tous les mouvements de sucs nourriciers qu'on a observés chez des animaux inférieurs, sans cœur et sans contraction apparente de vaisseaux, n'eussent lieu que par l'effet du mouvement vibratile, comme il serait possible aussi que le mouvement circulaire des sucs dans les cellules de plusieurs plantes s'effectuât de la même manière (1).

CHAPITRE II.

Du mouvement vibratile.

De Heide, Leeuwenhoek, Baker, Swammerdam et Baster connaissaient déjà, dans les mollusques, ce phénomène, dont les causes n'ont été découvertes que beaucoup plus tard. De Heide et Leeuwenhoek avaient vu les courants qui ont lieu aux branchies des bivalves; Swammerdam, Leeuwenhoek et Baster avaient observé la rotation de l'embryon des mollusques dans l'œuf, qui dépend de la même cause. Les courants réguliers aux branchies des bivalves ont été examinés, dans ces derniers temps, par Erman (2) et Sharpey (3). Carus (4) a décrit en détail les rotations de l'embryon des mollusques. Steinbuch et Meyen ont fait connaître les cils qui existent aux bras des polypes pénicillés. Gruithuisen les a découverts

(1) Jusqu'ici on n'a pu découvrir de cils vibratiles dans les internœuds des charagnes. Unger (*Die Pflanze im Momente der Thierwerdung*, Vienne, 1843) attribue à des organes de ce genre les vifs mouvements de rotation que les spores de plusieurs conferves accomplissent à leur sortie de l'utricule maternel; mais il doit y avoir quelque différence essentielle et encore inconnue à cet égard, car l'extrait aqueux d'opium, la morphine et l'acide cyanhydrique paralysent les mouvements des spores de vaucheries, tandis qu'ils n'exercent aucune influence sur les mouvements vibratiles des animaux. (*Note du trad.*)

(2) *Abhandl. der Akad. zu Berlin*, 1816, 1817.

(3) Donné (*Cours de microscopie*, pl. IX, fig. 34) a donné la figure des cils vibratiles de la moule.

(4) *Nov. act. nat. cur.*, vol. XVI.

dans les planaires et chez un gastéropode d'eau douce (1). Grant, le premier, les a signalés comme étant la cause de la rotation des embryons de mollusques dans l'œuf et de celle des œufs (sans doute embryons) de polypes. Quant aux autres invertébrés, le mouvement vibratile a été observé par Ehrenberg dans le groupe entier des animaux qu'il nomme turbellaires (*Gordius*, *Nemertes*, *Planaria*, etc.), ainsi qu'à la surface du corps et même dans l'intestin des phytozoaires rotateurs et des naïdes. On doit aussi à ce célèbre naturaliste une excellente description de la disposition variée des cils chez les infusoires. Les premières observations relatives à ce phénomène chez les animaux vertébrés ont été faites par Steinbuch, qui a reconnu le mouvement de l'eau autour des branchies des batraciens, mais sans en apercevoir la cause, et qui a cherché inutilement les cils. Gruithuisen l'a découvert à la queue des têtards de grenouille. Sharpey l'a décrit, non seulement aux branchies de ces animaux, mais encore à la surface de leur corps. Des observations analogues ont été faites sur les branchies par Huschke, par Raspail (2) et par moi. Cependant il était réservé à Purkinje et Valentin de faire la grande découverte que ce phénomène ne dépend pas de cils vibratiles chez les batraciens et les invertébrés seulement, mais qu'il a lieu aussi, avec la même vivacité et par les mêmes causes, sur les membranes muqueuses des reptiles, des oiseaux et des mammifères. Ces deux observateurs en ont donné une description complète dans presque toutes les classes d'animaux.

PARTIES DANS LESQUELLES ON OBSERVE LE MOUVEMENT VIBRATILE.

Le mouvement vibratile a été observé, chez divers animaux, à la peau, au canal intestinal, au système respiratoire et à l'appareil génital (3).

Système cutané.

Le mouvement vibratile de la peau s'aperçoit chez les infusoires, les coraux et les acalèphes, au manteau des bivalves, sur toute la surface du corps des gastéropodes, tant terrestres qu'aquatiques, et des turbellaires d'Ehrenberg. Chez les animaux supérieurs, on ne le rencontre que dans les embryons et dans les larves très jeunes de batraciens. Tout au commencement, la surface entière de leur corps vibre, comme l'ont vu Sharpey, Purkinje et Valentin; mais, avec le temps, ce phénomène se réduit à une étendue toujours décroissante de la peau,

1) *Salzb. med. Zeitung*, 1818, 4, 286. — *Nov. act. nat. cur.*, t. X.

(2) *Nouveau système de chimie organique.* Paris, 1838, t. II, p. 472.

(3) Chez l'homme, on a observé le mouvement vibratile dans les ventricules du cerveau, surtout à la surface des plexus choroïdes des ventricules latéraux, dans le prolongement que la corne antérieure du ventricule latéral envoie dans le nerf olfactif chez l'embryon, à la face interne du sac lacrymal et du canal lacrymal, dans les cavités nasales, tant sur la cloison que sur les cornets et dans le labyrinthe ethmoïdal, les sinus frontaux, les sinus maxillaires et les trompes d'Eustache, jusqu'à leur embouchure dans la caisse du tympan, ou même plus loin, au sommet du pharynx et sur une partie de la région supérieure du voile du palais, dans le larynx, au-dessous de l'épiglotte et dans le tube bronchique entier, jusqu'aux vésicules pulmonaires, aux lèvres et au col de la matrice, sur la face interne de cet organe et des trompes jusqu'à l'extrémité des franges, à l'origine des canalicules urinifères, dans la portion qui entoure les corpuscules de Malpighi (suivant Bowmann). (*Note du trad.*)

en sorte qu'il finit par ne plus avoir lieu qu'à la base de la queue et sur les côtés de la tête. Après le développement des membres, la surface du corps n'en offre plus aucune trace.

Canal intestinal.

Chez les reptiles, le mouvement vibratile n'a lieu qu'à la partie supérieure du canal alimentaire, comme l'ont découvert Purkinje et Valentin. On l'observe sur la membrane interne de toute la bouche, de la trompe d'Eustache et du pharynx. Chez les chéloniens et les serpents, il s'opère aussi dans l'œsophage, jusqu'à une certaine distance, c'est-à-dire, chez les premiers jusqu'à l'estomac, et chez les seconds jusqu'à l'endroit marqué par la saillie des plis longitudinaux de la membrane interne de l'estomac. On n'en découvre aucune trace dans la cavité buccale, le pharynx et l'œsophage des mammifères (1) et des oiseaux. Chez les mollusques, au contraire, il a lieu, suivant Purkinje et Valentin, sur la surface interne du canal intestinal tout entier, et même sur celle des conduits biliaires. Ehrenberg l'a observé dans l'intérieur de l'intestin des phytozoaires rotateurs et des naïdes ; Sharpey dans l'estomac et les cæcums des astéries, l'intestin des annélides et l'estomac des actinies. Il faut également rapporter ici les mouvements de globules que Lister (2) et Meyen ont vus dans le sac digestif des polypes.

Organes respiratoires.

Purkinje et Valentin ont aperçu le mouvement vibratile sur la membrane muqueuse du larynx, de la trachée-artère et des bronches de tous les animaux vertébrés qui respirent l'air. Chez les mammifères et les oiseaux, il commence à la glotte, car la cavité buccale et le pharynx n'en offrent aucune trace. Chez les oiseaux, il a lieu non seulement à la face interne de la trachée-artère et de ses branches, mais encore, d'après Purkinje et Valentin, à celle des sacs aériens qui partent des poumons. Il s'accomplit aussi aux branchies des têtards des reptiles nus, mais seulement aux branchies externes ; car les branchies internes des têtards de grenouille, qui n'apparaissent qu'à la seconde période du développement, ne le présentent pas, remarque qu'avait déjà faite Sharpey. Il n'a pas lieu non plus sur les branchies des poissons, ce qu'avait également reconnu cet observateur. On peut présumer qu'il existe aux branchies externes des embryons de raies et de squales. Il est général sur les branchies des mollusques et sur les branchies accessoires des bivalves; mais Purkinje et Valentin ne l'ont point observé à la face interne du poumon des gastéropodes pulmonés, non plus que sur les branchies des crustacés proprement dits. Il a été vu aux bras des polypes pénicillés par Steinbuch, aux branchies des sabelles par Huschke et par moi.

Cavité nasale.

Le phénomène est général dans la cavité nasale, où Purkinje et Valentin l'ont

(1) Gruby et Delafond (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1844) disent qu'à la surface de l'épithélium de l'intestin grêle du chien existent des corps vibratiles, à l'égard desquels ils n'entrent d'ailleurs dans aucun détail. Valentin regarde l'existence de ces cils comme étant encore problématique ; du moins assure-t-il ne pas les avoir aperçus chez l'homme. (*N. du trad.*)

(2) *Phil. Trans.*, 1834.

découvert. Il n'a pas lieu seulement dans la cavité nasale proprement dite des reptiles, des oiseaux et des mammifères, tant sur la paroi externe que sur la paroi interne; ces observateurs l'ont remarqué aussi à la membrane muqueuse des cavités accessoires du nez des mammifères, telles que les sinus frontaux, les sinus maxillaires et les trompes d'Eustache. Il ne paraît pas s'opérer dans le canal lacrymal et le sac lacrymal des lapins; mais la membrane muqueuse du nez de ces animaux l'offre, et il n'a pas lieu sur leur conjonctive. Cette particularité est contre toute attente; car l'existence du mouvement vibratile à la conjonctive, ou seulement dans les voies lacrymales, aurait expliqué sans peine l'admission des larmes dans les conduits lacrymaux. On le remarque aussi d'une manière bien distincte dans la cavité nasale des poissons.

Organes génitaux.

Chez les animaux vertébrés, le mouvement vibratile ne se voit qu'aux parties génitales des femelles, comme l'ont découvert Purkinje et Valentin. Il paraît à la face interne des oviductes, de la matrice et du vagin des mammifères, à moins qu'ils ne soient très jeunes; pendant la grossesse même, les portions de la matrice non couvertes par le chorion n'en sont point exemptes. On l'observe aussi jusqu'à l'extrémité des trompes, chez les oiseaux et les reptiles. Je l'ai vu tant chez les mammifères que chez des oiseaux et des reptiles. Peut-être celui qui s'accomplit à l'orifice abdominal des trompes prend-il part à l'admission des œufs dans ces conduits, chez les reptiles; personne n'ignore que la manière dont les œufs de la grenouille et de la salamandre passent de l'ovaire dans l'ouverture abdominale des trompes, qui se trouve placée beaucoup plus haut, est demeurée une énigme jusqu'à ce jour. Il serait possible cependant que la membrane muqueuse de l'oviducte fît procidence à cet effet, et qu'elle tournât ainsi sa face vibratile vers l'ovaire ou vers les œufs tombant dans la cavité abdominale. Chez les poissons, le mouvement vibratile a lieu aussi dans les organes génitaux femelles, savoir à la face interne de l'oviducte, chez les carpes, et très distinctement jusqu'à l'ouverture extérieure de la génération. Henle l'a trouvé très prononcé dans les parties génitales femelles des mollusques, dans l'ovaire des gastéropodes, et à la face interne des cavités de cet organe chez les bivalves. Les parties génitales mâles n'en offrent pas de traces chez les animaux vertébrés, et on ne l'a point non plus remarqué d'une manière certaine dans celles des animaux sans vertèbres.

Organes urinaires.

Le mouvement vibratile n'existe dans cet appareil chez aucun animal vertébré; mais Purkinje et Valentin l'ont rencontré dans le sac crayeux des limaçons, organe dont le conduit excréteur s'ouvre auprès de l'anus, et qu'on peut considérer comme le rein de ces êtres, à cause de l'acide urique qu'il contient. Il y a été vu aussi par Henle. Suivant Purkinje et Valentin, il s'opère, chez les bivalves, à la surface interne de l'organe en forme de sac qui s'abouche auprès de l'orifice des ovaires, organe que quelques auteurs comparent au rein, mais qu'on pourrait aussi regarder comme un testicule, du moins jusqu'à ce que l'analogue de cette dernière glande ait été définitivement découvert chez les bivalves.

D'après cet aperçu, on voit que le mouvement vibratile est un phénomène général du règne animal, et qu'il n'a pas la même extension dans les différentes classes. Ce qui est le plus rare, c'est de le voir répandu sur la surface entière du corps, comme chez les mollusques, les turbellaires, l'embryon et les très jeunes têtards de batraciens. Il est constant dans les organes olfactifs des animaux qui respirent l'air et l'eau, et dans les organes génitaux femelles : on le rencontre assez généralement dans les organes respiratoires, à l'exception des branchies des poissons et des branchies internes des têtards de grenouille ; on le voit rarement dans le canal intestinal, par exemple, chez les mollusques, ainsi que dans l'œsophage et la bouche des reptiles ; il manque dans les organes urinaires et dans les organes génitaux mâles des animaux vertébrés. Nulle classe du règne animal n'en est totalement privée. Purkinje et Valentin croyaient à son absence chez les poissons ; mais, s'il n'existe pas aux branchies, chez ces êtres, il est très prononcé, tant aux parties génitales femelles qu'à la membrane muqueuse de la cavité nasale.

C'est à lui que se rapporte la cause des mouvements de l'embryon dans l'œuf, chez plusieurs animaux, et même de ceux des œufs libres, ou, pour parler avec plus de précision, des embryons non développés de certains animaux inférieurs, radiaires et coraux. Cavolini a observé le mouvement des œufs des gorgones ; Tilesius, celui des œufs des millepores ; Grant, celui des œufs des campanulaires, des gorgones, des caryophyllies, des éponges et des plumulaires. Les œufs, dégagés de leurs capsules, se meuvent, l'une de leurs extrémités dirigée en avant. Rapp a également trouvé les cils sur les œufs des corynes, et Grant sur les embryons des gastéropodes, où il est la cause de la rotation dans l'œuf.

ORGANES DU MOUVEMENT VIBRATILE.

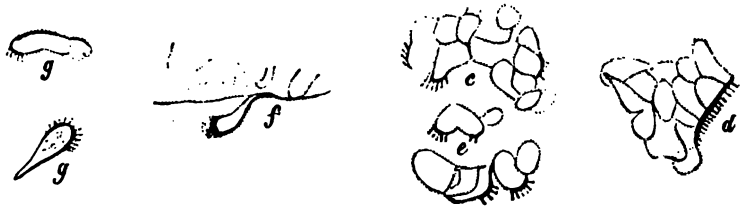
Les organes du mouvement vibratile (1) sont, d'après les recherches de Purkinje et Valentin, des filaments déliés et transparents, qui ont 0,000075 à 0,000908 ligne de longueur. Leur base est presque toujours plus forte que leur sommet : ils m'ont paru tels, la plupart du temps, sur les membranes muqueuses. Je les ai vus plus renflés à l'extrémité sur les branchies d'un nouveau genre d'annélides, voisin des sabelles, qui vit dans la mer Baltique. Leur forme est partout difficile à déterminer, mais leur existence assez facile à constater. Je les ai aperçus très distinctement chez les anodontes, sur les branchies de l'annélide précité, dans la bouche des grenouilles, dans les oviductes des lapins, des grenouilles et des poissons, dans la trachée-artère des oiseaux et des mammifères, et je ne m'explique point comment L.-C. Treviranus a pu ne pas les trouver. D'après Purkinje et Valentin, la surface des membranes dans lesquelles s'opèrent des mouvements vibratiles paraît être com-

Fig. 84.

(1) La figure 84 représente l'épithélium vibratile de la membrane muqueuse buccale de la grenouille, à un grossissement de 250 diamètres : *a* cils en repos ; *b* cylindres d'épithélium sur lesquels reposent les cils ; *c* noyau de cellule épithéliale. Donné (*Cours de microscopie*, pl. IX, fig. 34 bis) a aussi représenté un fragment de cette même membrane offrant des cils vibratiles sur le bord ; mais cette figure est confuse, et n'a pas bien réussi, tandis que celle de son *Atlas* qui représente les cils de la moule (fig. 34) est parfaite.

posée de fibres microscopiques, droites et parallèles, réunies par du tissu cellulaire. Cependant j'ai rencontré aussi une pareille couche de fibres dans la membrane muqueuse non vibratile du jéjunum de la tortue. Si je comprends bien les auteurs, ces fibres sont perpendiculaires au plan de la membrane muqueuse, ou représentent de petits cylindres droits. Henle a reconnu que des cylindres microscopiques semblables se trouvent très fréquemment, presque généralement, dans la bile de l'homme, et qu'ils ne sont pas rares non plus dans celle des animaux. La plupart du temps, ils sont réunis en petites couches, de manière que, sur l'un des côtés du groupe, on aperçoit leurs extrémités disposées suivant le même plan. Ces petits cylindres de la bile ont, suivant Henle, 0,0171 lign. angl. de long, sur 0,0031 de large; ils sont beaucoup plus gros que les cils des membranes muqueuses, et, si les cils étaient portés par de tels cylindres, dans les membranes muqueuses vibratiles, il faudrait que chaque cylindre en supportât un grand nombre. Henle a aussi rencontré une fois des corpuscules analogues dans la vessie urinaire, et il est plus que vraisemblable que ce sont là les parties dont parlent Purkinje et Valentin. Henle a examiné, sur l'huître, des cils détachés, et il les a vus conformés de telle sorte, qu'un ou plusieurs se trouvaient implantés à l'extrémité d'un petit cylindre. Quelquefois il a aperçu un petit globule à la base, vers le point où le cil tenait au cylindre. Gruithuisen a également examiné les cils des planaires après leur chute, et reconnu qu'ils se mouvaient encore dans les endroits où l'animal tombait en dissolution (1). Les mieux connus de tous les cils sont ceux des infusoires, grâce aux recherches d'Ehrenberg. Ce naturaliste a vu, dans les grands genres *Stylonychia* et *Kerona*, la base de chaque cil renflée en forme de bulle, et il s'est convaincu qu'une légère torsion du bulbe sur un point d'appui suffit pour déterminer de grandes vibrations circulaires à la pointe des cils, ce qui fait que chacun de ceux-ci décrit, en se mouvant, une surface conique ayant le

Fig. 85.



bulbe pour sommet. Ehrenberg a souvent vu, dans les polygastriques, les cils répandus sur la surface entière du corps; parfois ils manquent, et quelquefois aussi ils entourent seulement la bouche. Chez certains infusoires, ils font paraître le corps comme velu; Ehrenberg a reconnu qu'alors ils étaient distribués avec beaucoup de

(1) La figure 85, d'après Donné (*Atlas du cours de microscopie*, pl. IX, fig. 35), représente la disgrégation des cellules épithéliales cilifères. On voit en *d* un fragment de la membrane muqueuse nasale d'un homme arraché, pendant la vie, avec un polype; ce fragment porte des cils vibratiles sur le bord; en *e e* l'épithélium commence à se désagréger; *f* cellule d'épithélium pourvue de ces cils vibratiles qui se sépare et s'anime isolément; *g g* cellules animées, qui nagent isolément dans l'eau où elles sont plongées.

régularité, et qu'ils formaient des séries ordinairement longitudinales, parfois aussi transversales. Purkinje et Valentin ont quelquefois aussi observé cet arrangement en séries, qui d'ailleurs devient vraisemblable d'après le mouvement ondulatoire qu'ils ont remarqué dans les cils. Ehrenberg ne présume pas qu'il existe de muscles, ni longitudinaux ni transversaux. Les organes en roue des rotatoires ne diffèrent pas essentiellement, selon lui, des organes ciliaires. L'*Hydatina senta* en a dix-sept, disposés en cercles, et dont chacun se compose de six cils, implantés sur un petit muscle arrondi. Les muscles sont entourés de gaînes et fixés à deux points de l'enveloppe du corps par deux faisceaux ligamenteux. L'organe rotateur de ces animaux se divise donc en plusieurs roues séparées les unes des autres, et il ne produit pas non plus l'illusion du mouvement rotatoire qui a lieu chez les infusoires dont les organes de rotation tiennent ensemble (1).

(1) Donné (*Cours de microscopie*, p. 173) a fait des observations fort importantes sur les cils des membranes muqueuses. Si l'on prend, dit-il, un fragment de muqueuse bronchique d'un lapin, ou mieux encore de la muqueuse nasale de l'homme, pendant plusieurs heures, quelquefois pendant toute une journée, et même davantage, il ne se produit aucun changement notable, et le mouvement persiste, pourvu qu'on renouvelle l'eau à mesure qu'elle s'évapore; mais, après un certain temps, plus ou moins long, suivant les circonstances, suivant l'espèce et l'état de l'animal, etc., l'épithélium commence à se séparer de la membrane qu'il recouvre. On le voit se détacher, glisser, pour ainsi dire, à la surface de la muqueuse, et flotter dans l'eau, en fragments plus ou moins larges et entièrement libres. Ces fragments portent toujours leurs cils en mouvement à leur extrémité; mais la désagrégation ne s'arrête pas là. Un peu plus tard, les fragments se fractionnent encore, mais non pas irrégulièrement, et pour ainsi dire au hasard. La division s'arrête à un certain point, et l'on a sous les yeux des particules régulières, à très peu près de mêmes dimensions, ayant toutes la forme conique, renflées à une extrémité, qui est arrondie, et se terminant en pointe ou en queue à l'autre bout. Ces particules sont les éléments constituants de l'épithélium : ce sont des cônes qui, rangés symétriquement les uns à côté des autres et imbriqués, forment la membrane épidermique. Ces cônes élémentaires portent toujours leurs cils vibratiles, qui garnissent l'extrémité. Ces cils continuent à se mouvoir, et, de plus, *chaque cône a pris un mouvement propre, indépendant, qui en fait un individu distinct, un être vivant, doué des propriétés essentielles caractérisant ce que nous appelons la vie, c'est-à-dire que ces particules jouissent d'un mouvement spontané très prononcé*, se portent dans toutes les directions au milieu du liquide dans lequel elles nagent, se contractent et s'allongent pour exécuter leurs diverses évolutions, et vivent ainsi pendant longtemps, pendant plusieurs heures, jusqu'à ce que la cessation du mouvement et la destruction, la mort en un mot, arrivent, soit par les seuls progrès du temps, soit par quelque circonstance accidentelle. Ces animalcules, en effet, périssent immédiatement sous l'influence des agents physiques et chimiques qui détruisent et anéantissent la vie, tels que la température élevée à un certain degré, les acides, les alcalis, etc. Donné les a conservés vivants pendant plus de douze heures, après les avoir vus se séparer d'un fragment de muqueuse nasale humaine, qu'il n'avait pour ainsi dire pas perdu de vue pendant un jour et une nuit. On les aurait pris pour des infusoires. Il les compare aux spermatozoïdes, qui, suivant lui, s'engendrent par un procédé entièrement semblable, car ils sont également un produit des conduits séminifères du testicule. Ils résultent d'une sorte de desquamation des parois de ces conduits sécréteurs, et à leur origine ils constituent des agglomérations, des masses dans lesquelles il n'existe que des mouvements confus. Les individus se séparent de ces agglomérations à peu près comme les cônes vibratiles de l'épithélium, et constituent des êtres doués d'un mouvement libre et spontané. Ainsi, d'après Donné, l'épithélium vibratile est formé de particules organisées, concourant, par leur réunion, à la vie générale de l'être auquel elles appartiennent, mais susceptibles d'acquérir une vie propre et individuelle en se séparant et s'isolant. C'est, au reste, l'idée que l'on peut se former de la composition de plusieurs de nos organes et de nos tissus, et de la structure générale de beaucoup d'êtres organisés, surtout dans le règne végétal.

PHÉNOMÈNES DU MOUVEMENT VIBRATILE.

Le mouvement vibratile ne s'aperçoit, chez la plupart des animaux, qu'à l'aide d'un fort grossissement. On détache un très petit morceau d'une membrane muqueuse où il a lieu; on l'humecte avec un peu d'eau, et on le couvre d'une très petite plaque de verre, ce qui étale la membrane et permet d'en bien distinguer le bord. Avec les lentilles 1, 2 et 3 du microscope de Schick, on reconnaît tout de suite le mouvement vibratile sur ce bord; on aperçoit l'expression générale d'un mouvement ondulatoire, et l'on voit les petits corpuscules qui nagent dans l'eau passer au-devant de ce bord, en suivant une direction déterminée. A un plus fort grossissement, on reconnaît quelquefois les cils eux-mêmes : cependant il est rare qu'on les distingue d'une manière bien nette, à cause de la rapidité de leur mouvement. Souvent l'effet du mouvement de ces innombrables organes motiles est si grand, qu'il faut se hâter de faire l'observation, si l'on ne veut pas que le petit morceau de membrane muqueuse passe tout entier sous le champ visuel (1). L'influence du mouvement vibratile sur la propulsion des liquides et des corpuscules qui touchent aux parois peut très bien être appréciée au moyen d'une poudre fine que l'on répand sur ces dernières. Le mouvement est si fort sur les branchies des larves de salamandre et des moules, qu'on voit des parcelles détachées de ces organes décrire une circulation régulière dans l'eau.

Fig. 86.

Fig. 87.

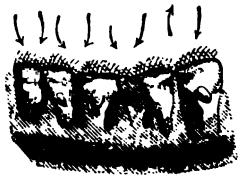
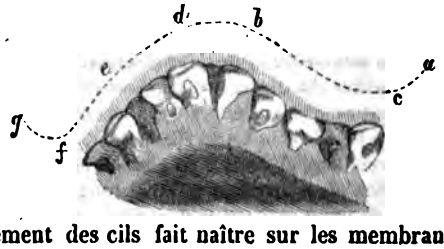


Fig. 88.



La direction uniforme du mouvement des cils fait naître sur les membranes muqueuses des courants réguliers, que l'on connaît déjà dans la plupart des parties

— F. Buehlmann (*Beitræge zur Kenntniss der kranken Schleimhaut der Respirationsorgane und ihrer Producte durch das Mikroscop*, Berne, 1843) a reconnu aussi qu'au début du catarrhe nasal, l'épithélium se désagrégeait en cellules isolées, dont il a donné la figure, et que les cils de ces cellules isolées continuaient encore pendant longtemps de vibrer, après que la masse avait été expulsée du nez. (*Note du trad.*)

(1) Les figures 86, 87 et 88, d'après Valentin, donnent une idée du mouvement des cils vibratiles de la membrane muqueuse buccale des grenouilles, vue dans l'eau, au microscope. Dans la figure 86, la membrane elle-même avec ses cylindres *a* marche de gauche à droite. Ses cils *c*, penchés dans le même sens, et les corpuscules *d*, suspendus dans le liquide, s'avancent en sens contraire, de droite à gauche. Dans la figure 88, la membrane n'étant point droite, le mouvement des cils décrit la courbe *a b c d e f g*. Dans la figure 87, les cils tournoient sur eux-mêmes, suivant la direction indiquée par les flèches, et de là résultent des espèces d'entonnoirs.

du corps, par les recherches de Sharpey, de Purkinje et de Valentin. Les courants d'eau qui se produisent de cette manière sur les branchies des moules et des larves de salamandre, ainsi que sur le corps des jeunes têtards de grenouille, ont déjà été décrits ailleurs. Leur direction, dans les observations de Valentin et de Purkinje sur une poule, était de dehors en dedans à la trachée-artère, de dedans en dehors à l'oviducte; il est donc plus facile de présumer que de démontrer que c'est le mouvement vibratile qui fait parvenir la semence à l'œuf (1). Sharpey a déterminé la direction du courant sur le cornet inférieur du lapin; elle était d'arrière en avant vers l'ouverture du nez; dans l'antre d'Highmore, le courant semblait se diriger vers l'orifice. Dans la bouche des batraciens, il marche d'avant en arrière, tant à la face supérieure qu'à la face inférieure. Sur la face palatine de l'ouverture naso-palatine d'un lézard, les particules étaient entraînées, du côté interne dans l'ouverture, et du côté externe hors de l'ouverture. D'après la figure que Sharpey a donnée de la direction chez le crapaud, il semble que les courants aient lieu seulement du nez dans la bouche, tant au côté interne qu'au côté externe de l'ouverture naso-palatine.

NATURE DU MOUVEMENT VIBRATILE.

En recherchant la nature du mouvement vibratile, la première chose à examiner est sa durée et le rapport qui existe entre lui et les autres phénomènes de la vie.

Après la mort, il dure au moins aussi longtemps que l'irritabilité persiste dans les parties animales, et souvent bien davantage. Purkinje et Valentin l'ont vu cesser au bout d'une heure ou deux chez les grenouilles et les lézards, et persister neuf à quinze jours chez une tortue à laquelle ils avaient coupé la tête. A la vérité, les muscles de ce dernier animal conservèrent leur irritabilité jusqu'au septième jour (2), mais les mouvements vibratiles durèrent tout aussi longtemps dans les parties séparées du corps, que l'on tenait sous l'eau. Chez les oiseaux et les mammifères, ils durent depuis trois quarts d'heure jusqu'à quatre heures. La lumière n'a pas d'influence sur eux, mais la chaleur en exerce une sensible : l'immersion des parties d'un mammifère ou d'un oiseau dans de l'eau à 65 degrés R., ne les arrête pas, si elle ne dure qu'un instant, mais les abolit quand elle se prolonge davantage. Ils persistent à dix degrés du thermomètre de Réaumur, chez les oiseaux et les mammifères, mais s'arrêtent à cinq degrés. La commotion d'une bouteille de Leyde ne les suspend pas dans la moule d'étang, non plus que l'action d'une pile de trente paires de plaques, si ce n'est aux points d'application des fils conducteurs, où leur cessation est déterminée par la décomposition chimique. L'acide cyanhydrique, l'aloès, l'extrait de belladone, le cachou, le musc, l'acétate de morphine, l'opium,

(1) Bischoff (*Traité du développement de l'homme et des mammifères*, traduit par A.-J.-L. Jourdan, Paris, 1843, p. 26) a constaté un grand nombre de fois que le mouvement vibratile se dirige de dedans en dehors dans la matrice et la trompe, de sorte qu'il lui paraît plus propre à faciliter le cheminement des œufs de l'ovaire dans la matrice que celui du sperme vers l'ovaire. (*Note du trad.*)

(2) Une tortue fluviatile, chez laquelle on avait pratiqué la section de la moelle allongée, nous a offert, plusieurs jours encore après l'opération, un phénomène de mouvement réflexe, la rétraction des extrémités, par l'effet des attouchements.

la salicine, la strychnine, la décoction de piment, ne les abolissent pas, même lorsque les liqueurs sont aussi concentrées que possible. Les sels alcalins, terreux et métalliques, les alcalis, les acides, les troublent plus ou moins rapidement, suivant la force de la solution. Le sang est de tous les liquides celui qui les entretient le plus longtemps; mais le sérum de celui des mammifères arrête sur-le-champ le mouvement vibratile des moules, et la bile détruit ce mouvement. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que les substances qui agissent sur le système nerveux, comme les narcotiques, ne troublent en rien le mouvement vibratile, d'où l'on peut conclure que celui-ci est un phénomène fondamental et indépendant du système nerveux. Purkinje et Valentin ont tué des pigeons et des lapins avec de l'acide cyanhydrique et de la strychnine, tantôt introduits dans le pharynx, tantôt appliqués sur des plaies récemment faites à la peau; jamais le mouvement vibratile ne parut avoir subi le moindre changement. Ils eurent l'attention de n'ouvrir les animaux que quand on n'apercevait plus de convulsions dans aucune partie du corps, quand le pincement des membres n'excitait plus de réaction manifestée par des mouvements automatiques. Pour rendre l'expérience plus concluante encore, ils mirent simultanément à mort un animal de la même espèce et du même âge, en lui laissant perdre tout son sang. Les différences qu'ils remarquèrent, dans toutes ces expériences, dépendaient uniquement de l'âge et des particularités individuelles des animaux. Partout l'intoxication ne produisit aucun effet (1). Ces dernières expériences sont évidemment moins concluantes que celles dans lesquelles les poisons avaient été appliqués immédiatement sur des parties vibrantes; car les grenouilles mises à mort par des narcotiques conservent pendant longtemps leur irritabilité musculaire et nerveuse pour les stimulus employés localement, tandis que les nerfs et les muscles la perdent toujours avec rapidité après l'application locale d'un poison narcotique sur eux. Le cœur seul fait exception à cet égard; car il continue de battre encore pendant longtemps après qu'on a mis une dissolution d'opium ou d'extrait de noix vomique en contact avec sa surface extérieure, tandis que la même substance, appliquée à sa face interne, épuise sur-le-champ son irritabilité. La petitesse des organes vibratiles, comparativement aux fibres primitives des nerfs, ne me paraît pas être un motif pour ne point admettre que ces phénomènes sont dépendants du système nerveux; car les fibres musculaires sont beaucoup plus déliées que celles des nerfs, et celles-ci sont tellement rares dans les muscles, que le phénomène de leur influence sur eux ne saurait être conçu sans une action à distance. En outre, il y a des parties (et ce ne sont pas des muscles) qui paraissent recevoir des fibres nerveuses beaucoup plus grêles que ne le sont les fibres primitives des troncs nerveux et de leurs ramifications. Schwann, en examinant le mésentère du *Bufo igneus*, a vu partir des fibres nerveuses ordinaires des filets, qu'il m'a fait voir, qui se réduisaient en fibrilles d'une ténuité extrême, et présentaient à une grande distance de petits renflements fusiformes.

Cependant la persistance du mouvement vibratile, après l'application locale de poisons narcotiques, prouve d'une manière suffisante que ce phénomène est de nature particulière, et qu'il ne se trouve pas placé sous la dépendance immédiate du système nerveux. A cet égard, on doit considérer aussi comme un fait important

(1) MUELLER'S *Archiv*, 1835, p. 159.

l'existence de ce mouvement à la surface de ce qu'on appelle les œufs des coraux, corps ovales qui ne sont sans doute autre chose que des embryons animés, non encore développés. Mais le mouvement vibratile des embryons de coraux et celui des organes rotatoires des infusoires rotateurs représentent en quelque sorte les deux termes extrêmes d'une série. Le premier a lieu sur des membranes qui n'ont pas encore de structure déterminée, et l'on peut en rapprocher celui qui s'observe sur les membranes muqueuses des animaux supérieurs, lequel n'est point détruit par la strychnine et autres poisons narcotiques; le second, au contraire, s'opère par une véritable action musculaire, et il est soumis à la volonté, par conséquent dépendant du système nerveux; aussi la strychnine le fait-elle cesser, comme le prouvent les expériences d'Ehrenberg.

Maintenant on se demande si le mouvement vibratile est, dans tout le monde animal, comme dans les organes rotatoires des phytozoaires rotateurs, l'effet des contractions d'un tissu musculiforme situé à la base des cils. Ce tissu contractile des organes rotatoires, qu'Ehrenberg a découvert, constitue-t-il un système particulier, dont la structure microscopique s'étend jusque dans les membranes muqueuses vibratiles des animaux supérieurs, de sorte que, si les autres tissus de ces derniers êtres ont une texture grossière, celle des infusoires, bien plus délicate, s'est du moins conservée chez eux dans la structure des organes vibratiles? Ou bien n'y a-t-il que le mouvement des organes rotatoires des phytozoaires rotateurs qui appartienne à la même catégorie que les mouvements musculaires de tous les animaux supérieurs, et le mouvement vibratile des autres animaux diffère-t-il totalement des mouvements musculaires, quant à son essence? Je ne puis me dispenser de citer ici les propres expressions d'Ehrenberg, en ce qui concerne le mécanisme du mouvement vibratile des organes rotatoires: « Si l'on contemple les animalcules lorsqu'ils commencent à se mouvoir, on aperçoit toujours bien distinctement une extension et une rétraction, mais auxquelles succède bientôt le tournoiement, qui est un mouvement d'une autre espèce. On voit aussi le premier de ces deux phénomènes lorsqu'on fait périr les animalcules du tétanos en jetant un peu de strychnine dans l'eau, ce qui éteint peu à peu l'activité des organes rotateurs; dans ce cas, le tournoiement cesse auparavant. » Ehrenberg a tenté d'expliquer le mouvement vibratile de la manière suivante : « Chaque cil est mû à part par le muscle situé au-dessous de lui; il se peut que des faisceaux musculaires passent sous plusieurs cils, même sous tous ceux d'une série entière, et leur donnent un mouvement unilatéral; or, si un autre faisceau musculaire agit de même, mais en sens inverse, sur l'autre côté de la base épaissie des cils; si ces divers muscles sont fixés aux cils à des hauteurs différentes, et qu'ils agissent alternativement, il doit résulter de là un mouvement oscillatoire en quatre directions, qui communique un mouvement de rotation à la pointe de chaque cil, et le cil entier doit décrire un cône, dont le sommet répond au point d'attache. Pendant ce mouvement, si l'on considère les cils un peu ou tout à fait de côté, ils sont tantôt plus rapprochés et tantôt plus éloignés de l'œil, de manière qu'on les distingue tantôt avec plus et tantôt avec moins de netteté. Ces alternatives dans la netteté de la perception des cils durant le mouvement en cône me paraît être la cause qui fait que l'on croit voir une roue tourner, car il doit résulter de là une illusion qui s'étend au cercle entier. » Que l'action musculaire supposée par Ehrenberg doive

faire décrire un cône à chaque cil, c'est ce que l'on conçoit très bien d'après les muscles oculaires des animaux supérieurs, dont les droits peuvent mouvoir ainsi le bulbe, en quelque sorte comme sur un pédicule. En effet, l'influence que la volonté des phytozoaires rotateurs exerce sur leurs organes rotatoires, et l'appareil musculaire découvert par Ehrenberg, ne permettent guère de douter que cette espèce de mouvement appartient à la catégorie des véritables mouvements musculaires. Mais que doit-on penser des mouvements vibratiles des membranes muqueuses, qui ne dépendent pas de la volonté, et que l'empoisonnement des animaux par les narcotiques ne modifie aucunement? Il résulte des observations d'Ehrenberg que la strychnine met les organes rotatoires au repos; mais elle n'influe pas plus que les autres narcotiques sur les mouvements vibratiles des membranes muqueuses. Comment, en outre, expliquer que le mouvement vibratile existe sur les œufs des coraux? Ceux-ci conservent-ils encore un reste de l'énergie dont ils jouissaient au moment où ils étaient soumis à l'influence vitale de l'ovaire, et le manifestent-ils pendant quelque temps encore, comme le font les lambeaux détachés des membranes muqueuses des animaux supérieurs? Leurs phénomènes vitaux appartiennent-ils à la même classe que ceux des sacs d'œufs de cercaires, que Bojanus et Baer ont observés? Il est bien plus probable que ces prétendus œufs sont des embryons vivants, mais non encore développés. Dans tous les cas, il me semble nécessaire d'établir, jusqu'à nouvel ordre, une distinction entre les mouvements vibratiles des organes rotatoires des phytozoaires rotateurs et ceux des membranes muqueuses. Les premiers sont modifiables par la volonté, dont les seconds ne reconnaissent pas l'influence, non plus même que l'action directe du système nerveux. Dans les organes rotatoires, les cils paraissent être l'organe passif du mouvement, dont l'organe actif est l'appareil musculaire. Dans les mouvements vibratiles des membranes muqueuses et même de la surface du corps des infusoires, les muscles sont encore inconnus ; on ignore si le cil se meut lui-même, et se courbe, ou s'il n'agit que comme une rame mise en jeu par le tissu contractile situé à sa base. Meyen a vu les cils détachés du *Lycophrys sol* se mouvoir encore. D'un autre côté, il y a, chez les animaux, d'autres organes agissant comme des rames, qui ont beaucoup d'analogie avec les cils quant à leurs mouvements involontaires et continuels, mais qui en diffèrent par leur forme, et dont le mouvement ne saurait être expliqué qu'à l'aide d'un tissu contractile placé à leur base. D'après les observations de Grant, les Béroës sont garnis, depuis la bouche jusqu'à l'anus, de ligaments disposés comme des lignes méridiennes; chaque ligament porte quantité de petites plaques, qui sont les cils destinés au mouvement; les petites plaques se composent de fibres parallèles, réunies par une membrane. Il y a plus même : ces petites plaques, constamment en action, et certainement mues par des muscles, [illegible] à l'œil nu sur l'abdomen du *Gammarus pulex* et d'autres crustacés [illegible] être rapportées ici, quoique leurs mouvements soient dus à un [illegible] autre que celui qui détermine les mouvements vibratiles des membranes muqueuses.

[illegible] il n'est permis d'établir que les propositions suivantes :

[illegible] vibratiles des membranes muqueuses dépendent d'un tissu [illegible] encore inconnu.

[illegible] est située dans la substance des cils ou à leur base.

3° Par sa contractilité, en général, il se rapproche du tissu musculaire et d'autres tissus contractiles des animaux.

4° Ses propriétés ressemblent à celles du tissu musculaire, ou du moins des muscles involontaires du cœur et des muscles des lamelles vibratiles des crustacés, en ce que les mouvements qu'il exécute se répètent continuellement avec le même rhythme.

5° Il ressemble au tissu musculaire du cœur en ce qu'il continue d'agir longtemps encore après avoir été séparé du corps.

6° Mais il diffère essentiellement du tissu musculaire en ce que ses mouvements ne sont point arrêtés par l'application locale des narcotiques.

7° Le mouvement vibratile s'éloigne encore du mouvement musculaire en ce qu'il persiste longtemps après que la partie a été séparée du tout.

Le mouvement vibratile se rapproche des oscillations de certaines plantes, notamment les oscillaires, en ce que les nerfs n'y concourent pas d'une manière immédiate. Mais il faudra de plus amples recherches pour déterminer jusqu'à quel point on serait fondé à comparer ces deux sortes de mouvements l'un avec l'autre.

Au reste, quoi qu'il en soit là-dessus, les membranes muqueuses vibratiles renferment un agent qui domine aussi le jeu de ces organes microscopiques, puisqu'on voit si fréquemment les cils agir en série. Il règne ici une force supérieure à l'individualité de chaque cil, et, quand bien même on parviendrait à expliquer cette action en série, ou cette ondulation, par l'insertion d'un grand nombre de cils sur une même bandelette contractile, il n'en est pas moins vrai qu'on aperçoit souvent, dans la force vitale d'étendues considérables d'une membrane vibratile, une certaine diminution et un certain accroissement, qui doivent avoir une cause plus générale. Les branchies d'une nouvelle espèce d'annélide, voisine des sabelles, que j'ai rapportée des mers de Copenhague, m'ont fréquemment offert, au microscope, des champs considérables de cils qui gardaient le repos pendent longtemps, puis recommençaient tout d'un coup à agir. Des phénomènes analogues ne sont point rares dans le règne végétal, de manière qu'on n'est pas nécessairement obligé de recourir, pour les concevoir, à une variabilité de l'influence nerveuse.

L'explication des courants qui sont produits par le mouvement vibratile présente aussi de grandes difficultés. Une simple oscillation de cils d'un côté à l'autre ne saurait donner aucune direction à un liquide. Le mouvement d'un cil dans un espace conique, tel que Purkinje et Valentin l'ont vu la plupart du temps, ne peut que déterminer un cercle dans le liquide autour de cet appendice. Pour que des mouvements vibratiles produisent un courant dans une direction déterminée, il est nécessaire que les cils frappent et se courbent dans un sens donné, caractère que Purkinje et Valentin ont reconnu quelquefois au mouvement, et que je lui ai presque toujours trouvé. Mais, même dans cette hypothèse, il ne s'établirait un courant qu'autant que le cil présenterait moins de surface à l'eau en se redressant qu'en s'abaissant.

CHAPITRE III.

Du mouvement musculaire et des mouvements qui s'en rapprochent.

TISSUS CONTRACTILES.

En laissant de côté le tissu contractile qui est la cause du mouvement vibratile, et à l'égard duquel on ne saurait rien dire de précis jusqu'à présent, nous pouvons admettre quatre formes de tissus aptes à se contracter, le tissu contractile des végétaux, le tissu contractile des animaux qui se résout en colle, le tissu contractile des artères, et le tissu musculaire.

Tissu contractile des végétaux.

Les phénomènes les plus essentiels de l'irritabilité végétale ont été exposés dans les Prolégomènes. Ici nous n'avons à nous occuper que de la comparaison entre le tissu contractile des vaisseaux et celui des animaux. Dutrochet a publié des recherches sur le tissu contractile des végétaux (1). Les feuilles de la sensitive sont portées par un long pétiole, à la base duquel on remarque un bourrelet oblong, qui l'entoure. Lorsqu'on pratique une section longitudinale à ce bourrelet, et qu'on examine la tranche au microscope, on s'aperçoit que l'axe est occupé par les tubes qui opèrent la communication vasculaire entre la feuille et la tige. Son tissu se compose d'une grande quantité de cellules arrondies et transparentes, dont les parois sont recouvertes de petits globules. Cette structure diffère, à certains égards, de celle que la plante offre dans ses autres parties. La moelle de la sensitive est formée de cellules hexagones contenant quelques petits globules. Pendant la jeunesse de la plante, les cellules médullaires renferment un liquide transparent, que l'acide azotique froid coagule, mais dont ce même acide redissout le caillot à l'aide de la chaleur. La gaîne de la moelle est composée de trachées. La couche de bois qui la couvre est constituée par des fibres ligneuses. Outre le bourrelet dont il a été parlé plus haut, il s'en trouve d'analogues, mais plus petits, à l'insertion des folioles sur le pétiole commun. Ces divers bourrelets sont la cause qui fait que les folioles se meuvent sur le pétiole, et celui-ci sur la tige. Les cellules du bourrelet placé à la base du pétiole diffèrent de celles de la moelle par leur forme arrondie et non hexagone. L'acide azotique les rend opaques. Quoique séparées les unes des autres par des intervalles assez considérables, et ne se touchant pas par conséquent, elles sont disposées en séries longitudinales. Entre elles se trouve un tissu cellulaire beaucoup plus délicat, qui renferme une multitude de petits corps d'une couleur plus foncée. L'acide azotique chaud agit sur leur contenu comme

(1) *Rech. anat. et physiol. sur la struct. intime des animaux et des végétaux.* Paris, 1824. — Dutrochet a singulièrement modifié ses premières idées dans ses *Mémoires pour servir à l'histoire anat. et physiol. des végétaux et des animaux*. Paris, 1837, t. I, p. 497. Il donne une autre description des organes incurvateurs des végétaux, et une tout autre théorie de l'incurvation, qu'il divise en deux espèces, suivant qu'elle a lieu par endosmose ou par oxygénation. Tracer un aperçu, même très sommaire, de ce nouveau système nous entraînerait beaucoup trop loin, et nous devons renvoyer au livre même de l'auteur. (*Note du trad.*)

sur celui des cellules du tissu médullaire de la tige, c'est-à-dire qu'il le dissout. Lorsqu'on touche la sensitive, ou qu'on l'ébranle, les folioles s'appliquent l'une sur l'autre par paires, ce qui fait qu'elles s'approchent de leur axe commun, celui du pétiole. Le pétiole, au contraire, se meut dans une direction inverse, et s'abaisse vers la tige. Pendant le repos, les folioles et le pétiole reprennent leur situation naturelle. Quand le pétiole s'abaisse, le bourrelet de sa base prend une courbure dont la convexité regarde en haut et la concavité en bas.

Lorsque Dutrochet enlevait le parenchyme cortical ou cellulaire d'un bourrelet, sans blesser le faisceau vasculaire central, la feuille ne périssait pas, mais ses folioles restaient plusieurs jours sans se déployer. Le pétiole avait perdu sa motilité. Celle-ci n'a donc pas son siége dans le faisceau central, mais dans le parenchyme cellulaire du bourrelet. Après l'ablation de la partie inférieure du bourrelet, le pétiole conservait à demeure sa position inclinée vers la terre, et cette opération, pratiquée avant son abaissement, lui enlevait la faculté de se rapprocher de la tige. D'après cette expérience, répétée plusieurs fois, et toujours avec le même résultat, il parut que c'est la couche supérieure du bourrelet qui refoule le pédoncule vers le bas, et l'inférieure qui l'oblige à se redresser : c'est ce qui fut confirmé par l'observation des parties séparées du bourrelet même. Les couches enlevées restaient droites tant qu'elles n'étaient point humectées; mais, dès qu'on les plongeait dans l'eau, elles se courbaient, et constamment de telle sorte que le côté interne fût concave. Il demeura donc prouvé que le bourrelet se compose de couches dont la courbure du côté interne exerce une pression sur le pétiole. Dès que l'équilibre vient à être rompu dans cette pression, le pétiole et les folioles se meuvent suivant l'une ou l'autre direction. Dutrochet conclut, de ses expériences, que l'incurvation des couches du bourrelet tient au rapprochement des cellules rondes séparées par un tissu cellulaire délicat. Il y a donc beaucoup d'analogie entre la contractilité des végétaux et celles des animaux, avec cette différence toutefois que, chez les animaux, les éléments qui s'attirent forment des filaments continus, tandis que, dans la sensitive, ils sont bien rangés en lignes, mais séparés les uns des autres par des interstices.

L.-C. Treviranus (1) et Mohl (2) admettent les faits anatomiques découverts par Dutrochet, mais paraissent en déduire une autre interprétation du phénomène. En effet, tous deux disent qu'il est prouvé, par les expériences du physiologiste français, que l'irritabilité végétale dépend de l'expansion du tissu cellulaire parenchymateux. Cependant cette explication ne ressort pas directement des expériences de Dutrochet, qui, loin de là, en admet une inverse, le rapprochement des cellules rondes placées à distance les unes des autres. La question principale est celle-ci : L'abaissement du pétiole tient-il à une expansion du côté supérieur du bourrelet, exerçant une pression de haut en bas, ou faut-il l'attribuer à ce que la partie supérieure du bourrelet se courbe vers le bas, ce qui devrait également donner lieu à une pression de haut en bas? Comme la rapide expansion du tissu cellulaire n'est ni prouvée ni même probable, comme les cellules ne peuvent point attirer avec assez de promptitude, à travers leurs parois, les liquides nécessaires à leur expan-

(1) *Zeitschrift fuer physiologie*, t. I, p. 176.
(2) *Flora*, 15e année, p. 499.

sion, et comme les portions enlevées au bourrelet n'éprouvent pas d'expansion, mais se courbent dans l'eau, l'explication de Dutrochet, qui attribue le phénomène à l'attraction, à la contraction, est plus vraisemblable. Nous ne connaissons d'autre mouvement rapide par expansion que l'érection : or, celle-ci a lieu par l'épanchement d'un liquide dans des cavités qui jusqu'alors étaient affaissées sur elles-mêmes, mais un épanchement aussi prompt n'est guère concevable dans les cellules closes du bourrelet de la sensitive, et l'on ne peut pas non plus songer à une expansion rapide et active en tous sens des seules parois cellulaires. Je dois donc me ranger à l'opinion de Dutrochet, d'autant mieux qu'elle maintient l'analogie entre la contractilité animale et la contractilité végétale.

En admettant que les phénomènes ont lieu par contraction, il y a deux manières de les expliquer.

Suivant Dutrochet, l'élévation du pétiole est la suite de l'action de la moitié inférieure du bourrelet, et son abaissement celle de l'action de la moitié supérieure. D'après cela, dans l'état ordinaire, et tant que la sensitive demeure en repos, il n'y a que la moitié inférieure du bourrelet qui agisse; la supérieure ne manifeste son irritabilité qu'à la suite d'un ébranlement, c'est-à-dire, en d'autres termes, que la moitié inférieure du bourrelet, qui presse sans cesse le pétiole de bas en haut, n'est point accessible aux stimulus du dehors et n'agit que sous la seule influence des excitateurs généraux de la vie, et que, quand des excitants soudains viennent à agir, elle ne manifeste plus sa contractilité. Cette explication ne ressort pas nécessairement des faits découverts par Dutrochet, et quelques observations semblent s'élever contre elle. Les portions coupées du bourrelet se contractent dans l'eau, qu'elles aient été taillées en haut, en bas ou sur les côtés : leur contractilité devrait donc être la même de tous les côtés du pétiole.

L'explication suivante, qui suppose un antagonisme d'élasticité et de contractilité, a beaucoup plus de vraisemblance. Si l'on admet que tout le bourrelet oblong qui entoure la base du pétiole se contracte incessamment de dehors en dedans (comme font celles de ses parties qu'on plonge dans l'eau), il se trouve, dans l'état de repos, attiré vers l'insertion du pétiole et redressé. Mais toute secousse doit troubler la vie de la plante entière, et par conséquent la contractilité du bourrelet; dès lors, tant que l'ébranlement dure, le pétiole ne peut plus être maintenu droit, et il s'abaisse (en obéissant à son élasticité). Les suites de la secousse ayant cessé, la contractilité du bourrelet entier agit de nouveau, et le pétiole se redresse dans la direction de son insertion. Le rapprochement des folioles devrait alors être considéré aussi comme l'état de repos de la contractilité vivante; en effet, il a lieu également pendant le sommeil de la plante. Le déploiement des folioles coïnciderait avec la rentrée en action de leur bourrelet. On voit que le phénomène s'explique aussi de cette manière.

Les mouvements alternatifs des folioles du sainfoin oscillant ne seraient pas un obstacle invincible à l'adoption de l'hypothèse. Dans ce cas, au lieu de l'antagonisme de deux forces vivantes, on admet une force vivante soumise à un rhythme, une contractilité alternant avec les effets de la seule élasticité.

Si la dernière explication était juste, la contractilité des végétaux différerait de celle des animaux, ou des êtres pourvus de nerfs, en un point essentiel, savoir, que les influences qui la troublent la supprimeraient pour un instant; tandis que,

chez les animaux, ces influences, en agissant sur les nerfs, les déterminent à opérer une décharge de leur puissance, et produisent un accroissement de la contraction, une convulsion. Cependant je regarde l'explication de Dutrochet comme plus vraisemblable, parce que, d'après plusieurs observateurs, le pétiole abaissé par le fait d'une secousse résiste aux efforts qu'on tente pour le redresser, de sorte que son abaissement s'annonce comme résultat d'un état actif.

Les parties irritées immédiatement ne sont pas les seules qui montrent de la contractilité. L'irritation se propage d'une manière qui nous est encore inconnue, et, suivant toutes les probabilités, par un changement que les liquides des faisceaux vasculaires éprouvent dans leur cours et qui les porte vers d'autres faisceaux ou vers toutes les parties irritables de la plante. En effet, cette irritation, alors même qu'elle ne résulte pas d'une secousse, et qu'elle a lieu par le moyen du feu ou d'un acide, s'étend peu à peu du point de départ aux parties voisines, et successivement aux plus éloignées. Dutrochet a tenté d'établir que sa propagation s'effectue, non par la moelle et les fibres ligneuses, mais par les vaisseaux. L'obscurité prolongée et l'abaissement de la température rendent la sensitive incapable de manifester sa contractilité après des irritations brusques, quoiqu'elle continue d'abord d'exécuter les mouvements qui coïncident avec son sommeil et sa veille.

Tissu animal contractile susceptible de se résoudre en colle.

Les premiers vestiges de contractilité vivante se manifestent, chez les animaux, dans un tissu tellement analogue au cellulaire, tant par sa structure que par sa composition chimique, qu'on pourrait être tenté de croire qu'il y a identité complète entre eux, et d'attribuer à ce dernier non seulement l'élasticité, qu'il conserve même après la mort, mais encore la contractilité organique. Nous donnerons au tissu dont il s'agit ici l'épithète de tissu contractile susceptible de se résoudre en colle, dénomination qui exprime suffisamment en quoi il diffère des muscles, lesquels sont formés de fibrine. Comme c'est avec le tissu cellulaire qu'il a le plus d'analogie, nous allons d'abord jeter un coup d'œil sur la structure et les propriétés chimiques de celui-ci.

Le tissu cellulaire consiste en faisceaux diversement entrelacés, qui sont eux-mêmes composés de fibres primitives parallèles, transparentes et tout à fait lisses. Ces fibres sont très déliées. Krause leur assigne pour diamètre 1/1200 à 1/3500 de ligne, et Jordan (1) 0,0007 de ligne anglaise. Leur conformation est tellement particulière, qu'il est très facile de les distinguer, au microscope, de toutes les autres espèces de fibres. Indépendamment de leurs bords lisses et de leur transparence, elles ont quelque chose de caractéristique dans leur disposition sinueuse. Quand elles ne sont pas tendues, jamais elles ne représentent des filaments droits: toujours elles affectent une forme arquée ou onduleuse. Cependant toutes celles d'un faisceau primitif demeurent parallèles les unes aux autres dans leurs flexions. Cette particularité tient à la grande élasticité du tissu cellulaire. Vient-on à tendre les faisceaux, ils reprennent la forme sinueuse dès que la tension cesse.

Au point de vue chimique, le tissu cellulaire, dépouillé de sang et de lymphe par le lavage, appartient à la classe de ceux qui se résolvent en colle par l'ébulli-

(1) Mcller's *Archiv*, 1834.

tion. Ce caractère distingue ses fibres de celles des muscles, qui rentrent dans la catégorie des corps albumineux. Le tissu cellulaire a aussi de commun avec le tissu fibreux, avec le tissu cartilagineux et aussi avec le tissu élastique (qui ne donne pas de colle quand on le fait bouillir avec de l'eau), la manière dont il agit sur le cyanure ferrico-potassique. En effet, ce sel n'en trouble pas la dissolution acétique, comme il fait pour celle des tissus albumineux, et par conséquent du tissu musculaire. Les réactions chimiques du tissu cellulaire sont importantes à connaître, surtout pour distinguer celui qui est contractile de celles d'entre les fibres musculaires qui forment des filaments non variqueux, telles que les fibres de la matrice, de l'iris et du canal intestinal. Cependant ces dernières n'offrent jamais non plus les arcures ou ondulations caractéristiques des fibres du tissu cellulaire.

La contractilité du tissu comparable au tissu cellulaire est connue déjà depuis fort longtemps ; mais on l'a souvent confondue, dans certaines parties du corps, avec la contraction musculaire ; et, comme il est très facile de ne pas s'apercevoir d'un changement de diamètre aussi peu prononcé que celui qui résulte de cette sorte de contraction, quelques physiologistes ont totalement négligé le phénomène, ou même l'ont révoqué en doute. Le meilleur moyen, pour le constater, est de le chercher dans les parties qui le montrent de la manière la plus sensible, et où il est le plus praticable d'isoler les tissus avec le secours du microscope et des réactifs chimiques. Celle qui convient le mieux pour cela est le dartos, si connu par la vive contractilité qu'il manifeste quand le froid vient à le frapper, et dont la structure a été étudiée avec soin par Jordan.

Dans l'endroit où les plis du scrotum commencent à la face externe de ce sac, le tissu cellulaire sous-cutané change aussi d'aspect et de structure. Les cellules adipeuses, qui existent encore en grand nombre au pénil, cessent tout à coup, et à leur place on voit apparaître un tissu fibreux rougeâtre chez les hommes robustes, qui ont le scrotum fortement plissé. Ces fibres sont extensibles et élastiques. Elles se réunissent en petits faisceaux, et ceux-ci en d'autres plus gros, qui tous sont dirigés de haut en bas, de manière à décrire des angles droits avec les plis de la peau, auxquels ils tiennent si intimement qu'il faut beaucoup de peine et de précautions pour les en séparer. Mais les faisceaux ne sont pas parfaitement parallèles les uns aux autres; ils s'anastomosent fréquemment ensemble au moyen de languettes qu'ils s'envoient réciproquement, de sorte qu'ils forment de nombreuses mailles, ayant toutes leur plus grand diamètre tourné de haut en bas, et constituent un tissu réticulé très dense et ferme. De même que les plis de la peau, ce tissu est aussi plus prononcé à la face antérieure du scrotum ; sur la face postérienre, on n'en aperçoit la plupart du temps aucune trace. On le rencontre déjà chez les petits enfants et les nouveau-nés. Il y a des fibres rougeâtres analogues sous la peau du pénis ; mais elles ne forment là qu'un tissu irrégulier et beaucoup plus mince. Indépendamment des fibres qui viennent d'être décrites, on découvre encore, dans ce tissu, beaucoup de cylindres longs, grêles, jaunâtres, très élastiques, et peu ramifiés, qui marchent de haut en bas. Jordan s'est convaincu, par des injections, que ce sont des artères, qui proviennent de la honteuse externe à la partie antérieure du scrotum, et des scrotales postérieures à la partie postérieure. Entre la peau et le dartos, cet anatomiste n'a point rencontré de tissu cellulaire unissant : les faisceaux fibreux du dartos tiennent immédiatement et très

intimement à la peau, qui, en conséquence, doit toujours obéir au mouvement de la membrane interne. Mais, entre la face interne du dartos et les parties sous-jacentes (crémaster et tunique vaginale), se trouve un tissu cellulaire si lâche que le testicule peut être soulevé avec sa gaîne à travers le crémaster, laissant ainsi la partie inférieure du scrotum tout à fait vide.

Les faisceaux qui constituent le dartos peuvent être réduits en fibres élastiques extrêmement déliées. Examinées au microscope composé, ces fibres représentent des cylindres onduleux, de même volume dans toute leur longueur, dont le diamètre, suivant Jordan, varie entre 0,0005 et 0,0009 de ligne anglaise, et peut être évalué, terme moyen, à 0,0007. Le même observateur a trouvé que le diamètre des fibres primitives onduleuses du tissu cellulaire était aussi, dans d'autres parties du corps, de 0,0005 à 0,0009, et la plupart du temps de 0,0007 de ligne anglaise. Les fibres musculaires variqueuses, telles qu'on les voit dans les muscles soumis à la volonté et dans le cœur, ont, d'après les mesures de Schwann, un diamètre moins considérable, qui n'est, terme moyen, que de 0,0004 de ligne anglaise. Le diamètre des fibres musculaires cylindriques non variqueuses du canal intestinal, de la matrice et de l'iris, diffère aussi de celui des fibres de tissu cellulaire. Il est de 0,0007 à 0,0011 et 0,00018, selon Schwann, pour les fibres musculaires primitives du gros intestin, par conséquent supérieur à celui des fibres du tissu cellulaire et du dartos. Schwann a trouvé le diamètre des fibres primitives de l'iris du cochon de 0,0002 à 0,0003 de ligne anglaise; elles sont donc plus fines que celles du tissu cellulaire et du dartos. Mais, à part cette différence de diamètre, les fibres du dartos ressemblent parfaitement à celles du tissu cellulaire, par leur aspect onduleux et leur élasticité, et elles n'ont pas la moindre analogie avec les fibres musculaires cylindriques.

Comme les faisceaux fibreux du dartos ont une teinte de gris rougeâtre lorsqu'on les considère en masse, tandis que ceux du tissu cellulaire sont d'un gris blanchâtre; comme aussi les premiers, bien que formant des mailles, suivent néanmoins la même direction longitudinale, au lieu que ceux du tissu cellulaire se croisent en tous sens, on se demande si la ressemblance microscopique des fibres du dartos avec celles du tissu cellulaire suffit pour autoriser à comprendre les unes et les autres dans une seule et même classe. La solution de ce problème est rendue surtout très difficile par l'analogie frappante que le microscope fait apercevoir entre les fibres primitives du tissu tendineux et celles du tissu cellulaire, malgré la différence considérable qui existe, au point de vue des propriétés, entre les premières de ces fibres et celles du dartos. Ce qui ajoute encore à la difficulté, c'est l'existence d'une classe entière de muscles dont les fibres primitives, au lieu d'être variqueuses comme à l'ordinaire, représentent des cylindres d'un diamètre égal partout, conformation par laquelle ces muscles semblent se rapprocher beaucoup du dartos. Ajoutons que les mouvements du dartos, quoiqu'ils soient le plus ordinairement provoqués par le froid, dépendent cependant aussi quelquefois d'états intérieurs du système nerveux, dont le résultat est de déterminer la contraction du crémaster, en même temps que le froncement de la peau du scrotum, qui ne saurait être attribué à l'action de ce muscle, comme on parvient sans peine à le démontrer.

D'un autre côté, nous voyons réellement des traces de contractilité du véritable

tissu cellulaire dans d'autres parties, par exemple, dans le tissu cellulaire sous-cutané compris entre les deux lames du prépuce, qui se réduit souvent à des plis très serrés chez les hommes irritables lorsqu'ils se baignent dans l'eau froide. Le phénomène appelé *chair de poule* semble devoir être également rapporté ici : on sait qu'il consiste en de petites élévations arrondies, qui proviennent vraisemblablement des follicules de l'organe cutané : il se manifeste toutes les fois que la peau vient à être frappée d'un courant d'air froid, ou qu'une influence capable d'exciter le frissonnement agit sur le système nerveux. Dans tous les cas, la cause de l'élévation doit tenir à un élément de la peau différent du tissu musculaire, et tout porte à croire que cet élément est le tissu cellulaire qui entoure les follicules cutanés. Enfin le phénomène du redressement des mamelons appartient aussi à la même catégorie, car il n'y a pas moyen de le ranger parmi ceux d'érection, comme on a coutume de le faire sans examen : plusieurs motifs péremptoires s'y opposent. En effet, 1° on ne trouve point dans le mamelon le tissu spongieux des corps caverneux de la verge, ces veines anastomotiques qui peuvent se remplir de sang, ni ces artères hélicines qui caractérisent le véritable tissu érectile, et qui font saillie dans les sinus veineux des corps caverneux ; 2° le redressement du mamelon n'a pas lieu seulement chez la femme, à la suite d'attouchements voluptueux : on l'observe aussi chez l'homme, sans qu'il y ait la moindre connexion entre lui et l'appétit vénérien ; 3° chez l'homme, le mamelon s'érige presque instantanément, lorsqu'on le touche soi-même brusquement et avec rudesse, moins quand on l'arrose avec de l'eau froide, plus quand on se jette tout à coup dans un bain froid ; 4° ce redressement n'est point accompagné d'une plus grande plénitude du mamelon, car il a lieu dans l'espace de quelques secondes, l'organe devient plus mince, et perd en largeur ce qu'il acquiert en longueur. Toutes ces particularités rapprochent ce phénomène du soulèvement des follicules cutanés dans la *chair de poule*, et du froncement du prépuce dans l'eau froide. C'est donc par une contraction du tissu cellulaire sous-cutané entourant le mamelon qu'il s'explique le mieux. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que le tissu cellulaire contractile se rencontre de préférence dans les régions où la peau a une couleur foncée, comme au pénis, au scrotum, au mamelon. Si l'on ajoute que la peau entière de l'homme possède un faible degré de contractilité, indépendante de tout muscle cutané, et que l'effet ne saurait être raisonnablement attribué à des fibres musculaires éparses, il devient très vraisemblable que tous les phénomènes en question ont pour cause commune un tissu contractile qui ne diffère pas du tissu cellulaire ordinaire par la structure de ses fibres primitives. L'analogie de ce tissu contractile avec le tissu musculaire proprement dit et son éloignement du tissu musculaire à fibres cylindriques non variqueuses deviennent plus sensibles encore quand on prend en considération l'analogie de composition chimique entre le tissu du dartos et le tissu cellulaire, et la différence qui existe en ceci entre le premier de ces tissus et celui des muscles (1).

Jordan a trouvé que trois heures de coction suffisent pour réduire une partie du dartos en colle, et que sa dissolution acétique, de même que celle du tissu cellulaire, celle de tous les tissus qui donnent de la colle et celle du tissu élastique,

(1) Comparez Gerdy, *Rétraction des tissus blancs et albuginés* (*Bulletin de l'Académie de médecine*, t. IX, p. 766 ; t. XII, p. 600.

n'est ni troublée ni précipitée par le cyanure ferrico-potassique. Il a fait des expériences sur la contractilité du dartos. Le froid est celui des stimulus qui le détermine le plus ordinairement à se contracter ; la chaleur le relâche ; le galvanisme n'agit pas sur lui, et cette circonstance a d'autant plus d'intérêt qu'elle fournit un caractère propre à distinguer la contractilité du tissu cellulaire de celle des muscles. Le dartos ne prend aucune part à la rétraction des testicules vers les anneaux inguinaux, qui est le fait du crémaster. Chez les animaux qui n'ont point le scrotum plissé, comme le chien et le lapin, il n'y a pas non plus de dartos, mais seulement du tissu cellulaire ordinaire ; cette membrane est, au contraire, très développée chez le bélier, dont la peau se fronce avec beaucoup de force, quoique d'une manière irrégulière ; le froncement a lieu aussi par l'aspersion de l'eau froide, et au même instant les testicules sont attirés vers le haut par la contraction du crémaster ; dès qu'on cesse l'aspersion, le scrotum se déplisse par l'effet de la chaleur, mais le testicule redescend bien plus tôt, et presque aussi rapidement qu'il était monté. Une pile galvanique de soixante-cinq paires de plaques n'agit pas sur la face interne du scrotum, tandis qu'elle fait instantanément soulever les testicules par l'action du crémaster (1).

Tissu élastique et contractile des artères.

Les expériences galvaniques et les propriétés de la tunique élastique des artères prouvent, comme il a déjà été dit dans le premier volume, que cette tunique ne jouit pas de la contractilité musculaire. Ses fibres jaunes appartiennent à la même catégorie que les autres ligaments et membranes élastiques jaunes, comme le liga-

(1) Tous les physiologistes s'accordent à dire que la contractilité du tissu dont le derme est composé, ne peut être mise en jeu que par le froid ou par l'action nerveuse. Cette opinion est surtout fondée sur ce que l'application du galvanisme au dartos n'a fourni à Jordan que des résultats négatifs. Il était intéressant de chercher, si les appareils électro-magnétiques énergiques qu'on possède aujourd'hui seraient impuissants à exciter la contractilité du derme, soit au scrotum, soit ailleurs. Cela méritait d'autant plus d'être cherché, que quelques auteurs, J. Mueller et Henle entre autres, s'appuient sur ce que le galvanisme passe pour inhabile à produire des contractions dans les fibres du derme, à l'effet d'en tirer la conclusion qu'une différence essentielle existe entre la contractilité de ce tissu et celle des muscles de la vie organique. D'après ces motifs, M. Brown-Séquard a cherché, à l'aide d'une machine électro-magnétique puissante, si des effets pouvaient être produits sur la peau. Ses expériences ont été faites sur l'homme et répétées fréquemment. Au scrotum, la contraction du dartos a été extrêmement vive ; des plis profonds et nombreux se sont montrés, ainsi que des mouvements vermiculaires ou ondulatoires très rapides. A la peau des membres et particulièrement à la face dorsale de l'avant-bras, qui a été le plus souvent l'objet de ces expériences, on voit se produire le phénomène connu sous le nom de *chair de poule ;* les poils se hérissent, et leurs bulbes font saillie au dehors. Il est des individus chez lesquels l'action du galvanisme sur la peau des membres est très peu prononcée ; chez d'autres, au contraire, et principalement, chose singulière, chez quelques paralytiques, elle a existé avec un intensité telle, que toute la portion de peau étendue entre les points d'application de l'appareil magnéto-électrique, était couverte de petits mamelons constitués par les bulbes des poils. Dans les cas ordinaires, la chair de poule n'existe que dans un cercle peu considérable, autour de chacun des points d'application des conducteurs. On voit quelquefois les poils se hérisser sans que leurs bulbes fassent une saillie manifeste. La contraction de la peau et celle du dartos possèdent, comme celle du tissu musculaire de la vie organique, le double caractère de ne survenir qu'un peu après le commencement de l'excitation, et de persévérer quelque temps après que l'excitation a cessé (*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1849, p. 134). É. L.

ment cervical des mammifères, les ligaments intervertébraux, les ligaments jaunes du larynx, les fibres jaunes de la partie membraneuse de la trachée-artère et des bronches, le ligament élastique de l'aile des oiseaux, les ligaments élastiques des phalanges onguéales des mammifères du genre *Felis*, le ligament élastique que j'ai découvert à la portion rétractile et protractile du pénis de l'autruche d'Amérique, et le ligament qui sert à fermer la coquille des mollusques bivalves. L'élasticité de la tunique moyenne des artères, qui fait qu'après avoir été distendue par l'impulsion du sang, elle revient sur elle-même jusqu'au prochain battement du cœur, se conserve longtemps dans l'alcool : je m'en suis convaincu sur une portion d'aorte d'une jeune baleine qui était demeurée durant des années entières dans ce liquide, et qui, après avoir été coupée en rubans minces, manifestait, par l'effet de la traction, une élasticité égale à celle du caoutchouc. Mais tout tissu élastique quelconque se comporte de la même manière, et j'en ai acquis la preuve sur tous les ligaments précités, après les avoir laissés tremper pendant longtemps dans l'alcool. En un mot, la tunique fibreuse des artères est contractile par ses qualités physiques, et non par ses propriétés vitales ; elle revient sur elle-même, après avoir été allongée, lorsque la cause de la distension cesse d'agir. Parry et Tiedemann admettent dans les artères, outre leur élasticité, une tonicité vivante, qui, à la vérité, ne contribue pas essentiellement aux phénomènes du mouvement rhythmique du sang, mais qui devient sensible, sur les artères mises à nu, par un resserrement lent et progressif, et qui fait qu'au moment de la mort, avant la cessation complète du mouvement circulatoire, ces vaisseaux se rétrécissent un peu plus qu'ils ne peuvent le faire par leur seule élasticité après l'extinction totale de la vie. On sait depuis longtemps que l'eau froide convient pour arrêter les hémorrhagies causées par la section des artères. Schwann est parvenu à expliquer cet important phénomène par une belle expérience. Lorsqu'on verse de l'eau froide sur les petites artères d'une partie transparente où ces vaisseaux sont dépourvus de tout soutien parce qu'aucun tissu dense ne les entoure, on voit se déployer la contractilité organique lente mise en jeu par l'influence du froid. Le mésentère du *Bufo igneus* convient mieux, pour cette expérience, que celui de la grenouille, parce qu'il s'étale avec plus de facilité. Après l'avoir étendu sous le microscope, Schwann y jeta quelques gouttes d'eau dont la température était inférieure de quelques degrés à celle de l'air ambiant (en été) ; peu de temps après, les vaisseaux commencèrent à se resserrer sur eux-mêmes, et en dix à quinze minutes ils se rétrécirent à tel point que la lumière d'une artériole, qui avait d'abord 0,0724 de ligne anglaise, fut réduite à 0,0276, c'est-à-dire devint deux à trois fois moins considérable, et que l'artère elle-même parut quatre à neuf fois plus petite. Le vaisseau se dilata ensuite, et, au bout d'une demi-heure, il avait repris à peu près ses dimensions normales. Si alors on l'arrosait de nouveau avec de l'eau, il se resserrait encore. L'expérience pouvait être ainsi répétée plusieurs fois de suite. Quant aux veines, elles ne changeaient pas de calibre. Les observations de Schwann ont été répétées si souvent, qu'il ne reste pas le moindre doute sur ce fait. J'en ai moi-même constaté l'exactitude. Comme les grosses artères conviennent moins que les autres pour ces sortes d'expériences, il importe de mesurer le diamètre du vaisseau sur lequel on opère. Dans l'expérience de Schwann il avait 0,0724 de ligne de diamètre. Les artères d'un dixième de ligne de diamètre possèdent donc ce degré

extraordinaire de contractilité lente sous l'influence du froid. Schwann l'a observée aussi, mais à un faible degré, sur celles d'un calibre un peu plus gros. Avec un fort grossissement on découvre encore des fibres transversales très déliées sur les plus petites artères du mésentère de la grenouille, même sur les vaisseaux capillaires, ce qui établit que ces vaisseaux ont réellement des parois. Comme les fibres dont il s'agit ont la même disposition que les fibres transversales élastiques de toutes les artères, on est dans le doute de savoir si ce sont elles qui produisent la contraction des artérioles sous l'action de l'eau froide, si le tissu élastique des artères possède, outre l'élasticité dont une longue immersion dans l'alcool ne parvient pas à le dépouiller, une tonicité particulière dont il ne jouit que pendant la vie et qui se dissipe à la mort, ou si la contraction insensible des artérioles frappées par le froid dépend d'éléments encore inconnus qui entrent dans leur composition. Il me répugne d'attribuer cette tonicité à la tunique celluleuse, parce que les veines n'en offrent aucune trace. Du reste, elle diffère de la contractilité musculaire en ce que, non seulement elle ne détermine jamais de contractions subites, mais encore n'est point mise sensiblement en jeu par l'électricité, et se manifeste surtout par l'influence du froid, comme la contraction du tissu contractile susceptible de se résoudre en colle.

TISSU MUSCULAIRE.

Propriétés chimiques des muscles.

Au point de vue chimique, les muscles appartiennent à la classe des substances animales qui ne fournissent point de colle par l'ébullition, abstraction faite toutefois de celle à laquelle peut donner naissance le tissu cellulaire interposé entre les faisceaux fibreux, et dont la dissolution acétique est précipitée par le cyanure ferricopotassique. C'est la manière de se comporter de tous les corps albumineux, comme le blanc d'œuf, la caséine, la fibrine, le tissu fibreux des corps caverneux du cheval et le tissu fibrineux des muscles. A ces caractères on les distingue sans peine de ceux dont il a été question dans l'article précédent. Mais il est difficile et souvent même impossible de reconnaître, d'après les réactions chimiques, si un corps albumineux est de la substance musculaire, ou de l'albumine proprement dite, etc. A la vérité, l'albumine liquide est caractérisée par sa solubilité dans l'eau froide et tiède, par sa coagulabilité sous l'influence d'une chaleur de 70 à 75 degrés C., de l'alcool, des acides minéraux, des sels métalliques, la fibrine liquide par la coagulation spontanée qu'elle éprouve hors du corps vivant, et la caséine liquide par sa solubilité, même à la chaleur de l'ébullition ; mais l'albumine coagulée et la fibrine coagulée du sang et des muscles ne diffèrent l'une de l'autre, au point de vue chimique, qu'en ce que la seconde décompose l'eau oxygénée, ce qui n'arrive point à la première. La chimie ne nous offre d'ailleurs aucun moyen de distinguer la fibrine du sang et celle des muscles.

Le seul moyen que nous ayons pour distinguer les uns des autres les tissus fibreux de nature albumineuse, consiste à observer les propriétés dont ils jouissent pendant la vie. Ainsi, par exemple, le tissu fibreux des corps caverneux du pénis du cheval diffère des muscles, parce qu'il n'a pas, comme ceux-ci, l'aptitude à se contracter sous l'empire des stimulants.

Si toutes les fibres musculaires étaient moniliformes ou variqueuses, s'il n'y en avait pas de parfaitement cylindriques, la distinction serait facile à établir au microscope ; mais l'existence des fibres musculaires cylindriques la rend absolument impossible.

La contractilité elle-même ne suffit pas toujours pour distinguer les fibres musculaires, puisqu'elle s'observe dans le tissu contractile susceptible de se résoudre en colle et dans le tissu artériel. Il y a donc nécessité de faire concourir ensemble ce caractère et les réactions chimiques.

La couleur rouge des muscles a été attribuée à la matière colorante du sang ; en effet, elle s'avive à l'air, comme celle de cette dernière. Cependant Schwann a vu les muscles de la carpe, qui sont naturellement pâles, rougir fortement après quelque temps de macération à froid pendant l'hiver, ce qui ne permet pas de faire dériver la couleur rouge d'une substance identique avec la matière colorante du sang.

Structure des muscles.

Les éléments des muscles sont des fibres, ou moniliformes, ou cylindriques, non rameuses, parallèles les unes aux autres, et réunies en faisceaux, d'après Krause, par un liquide visqueux et transparent. Les faisceaux primitifs comprennent cinq cents à huit cents fibres ; Krause leur assigne un diamètre de 1/32 à 1/260 de ligne. Suivant Schwann, ils ont 0,0210 à 0,0250 de ligne anglaise, au pharynx de l'homme. Ces faisceaux sont enveloppés et unis ensemble par des gaînes de tissu cellulaire. Par leur réunion, ils en forment de secondaires, etc. Il est rare qu'on les trouve déjà contenus dans des gaînes fibreuses, solides ; c'est cependant ce qui arrive dans la lamproie. Non seulement les muscles latéraux de cet animal sont divisés en segments, comme chez les poissons en général, par un très grand nombre de ligaments intermusculaires obliques, mais encore on observe, entre ces segments, de petites cloisons très solides, et serrées les unes contre les autres, dans l'intervalle desquelles se trouvent placés les faisceaux aplatis de la chair musculaire, qui est très molle.

Les opinions des physiologistes sont partagées en ce qui concerne la forme des fibres élémentaires. Les uns, comme Schultze, les croient simples et homogènes ; d'autres, comme Bauer, Home, Milne Edwards, Prevost et Dumas, Krause, les supposent composées de globules ; il y en a aussi qui les disent noueuses. Quelque contradictoires que soient la première et la troisième opinion, elles n'en sont pas moins exactes toutes deux, suivant les muscles qu'on examine, puisque ces organes se rapportent effectivement à deux formes principales.

Muscles à fibres primitives variqueuses et à faisceaux primitifs marqués de stries transversales.

Cette catégorie, dont on s'est beaucoup plus occupé que de l'autre, comprend les muscles soumis et non soumis à la volonté qui se font remarquer, en général, par leur couleur rouge. Elle renferme tous ceux dont la volonté règle les mouvements, à l'exception de la vessie urinaire, et, parmi les muscles sur lesquels la volonté n'a pas d'empire, ceux du cœur. Cependant tous les muscles rouges ne se

rangent point ici ; car, par exemple, la chair musculaire rouge du gésier des oiseaux appartient à la seconde classe, ainsi que la couche musculaire du canal intestinal tout entier. Les muscles de cette première classe ne sont pas non plus rouges dans tous les cas. En général, ceux des poissons ont une teinte pâle ; il n'y a que ceux de l'opercule qui soient quelquefois rouges, comme aussi, chez les carpes, une couche mince située au-dessous de la ligne latérale. D'ailleurs, les muscles rouges et les muscles des poissons ne diffèrent en rien les uns des autres par leur texture intime : ils se comportent exactement de la même manière au microscope (1).

Tous les mucles de cette classe se distinguent par des mouvements qui non seulement ont plus d'énergie, mais encore sont plus rapides et succèdent instantanément à l'irritation. Les faisceaux primitifs offrent, au microscope, des stries transversales, serrées les unes contre les autres, parallèles, presque toujours droites, et rarement un peu courbées. Ces stries sont beaucoup plus difficiles à apercevoir au cœur : cependant elles y existent aussi, suivant la remarque de R. Wagner. Il est rare que les faisceaux primitifs soient onduleux sur le bord.

Les fibres primitives de ces muscles présentent des renflements réguliers, qui leur donnent l'apparence de chapelets, et dont la teinte est un peu plus foncée que celle des étranglements fort étroits par lesquels ils sont séparés les uns des autres. Cependant il ne serait pas exact de dire qu'elles consistent en une simple agrégation de globules sans substance intermédiaire, et l'hypothèse qui les représente comme formées par les noyaux des globules du sang, rangés à la suite les uns des autres, est insoutenable, puisque, d'après les observations de R. Wagner et les miennes, elles diffèrent de ces noyaux par le volume chez un grand nombre d'animaux. Prevost et Dumas évaluent leur diamètre à 1/8100 = 0,00012 de pouce ; je l'ai trouvé de 1/500 à 1/800 de ligne chez la grenouille, et de 0,00020 de pouce chez le perroquet. Suivant Wagner, elles ont une largeur à peu près la même, c'est-à-dire de 1/800 à 1/1000 de ligne chez tous les animaux vertébrés et insectes, chez l'écrevisse et dans le cœur du limaçon des vignes. Krause les a trouvées de 1/800 à 1/1060 de ligne. Les globules du sang du lapin sont cinq à six fois plus gros que les fibres primitives des muscles de cet animal.

Schwann, qui s'est occupé pendant un hiver entier de recherches microscopiques sur les muscles, m'en a communiqué les résultats pour les consigner ici. La largeur des faisceaux de premier ordre est de 0,0216 à 0,0250 de ligne anglaise. Pour isoler les fibres primitives, il faut faire macérer les muscles, pendant huit jours à trois semaines, dans de l'eau dont la température ne dépasse point huit degrés Réaumur. A une chaleur plus élevée, tout se transforme en une bouillie dans laquelle on ne reconnaît plus rien. Mais, même à celle d'un à huit degrés, les muscles de tous les animaux ne se comportent pas de la même manière. Tantôt les stries transversales disparaissent avant que les fibres primitives s'isolent ; tantôt

(1) Mandl (*Anatomie microscopique*, 1er liv., p. 11) soutient que les stries transversales parallèles appartiennent aux muscles qui se trouvent continuellement en contact avec les fluides alcalins de l'organisme, et que ceux qui, pendant la vie, sont exposés à l'action continue des liquides acides, n'offrent rien de semblable, ne sont composés que de fibres élémentaires. Les lignes transversales s'effacent par une forte compression ; elles disparaissent aussi par l'immersion dans les acides. Mandl les attribue à la présence d'un filament de tissu cellulaire tordu en spirale autour du faisceau élémentaire. (*Note du trad.*)

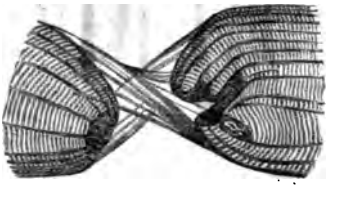
un muscle se divise dans le sens de sa longueur plutôt que de se séparer en fibres primitives, quoique les rides transversales demeurent perceptibles. Les muscles du lapin sont ceux qui conviennent le mieux. Les fibres primitives sont des filaments moniliformes. En examinant ces filaments au microscope, on y aperçoit des points obscurs, larges de 0,0006 à 0,0008 de ligne anglaise, placés régulièrement à la suite les uns des autres, et unis ensemble par des portions de couleur claire et un peu plus minces. La distance entre ces points n'est pas la même partout. On peut la mesurer avec beaucoup de précision, en prenant la longueur d'un lambeau qui contient un certain nombre de points. Ainsi, cinq points pris ensemble au pharynx de l'homme avaient une étendue de 0,0060 de ligne, ce qui, par conséquent, donne 0,0012 de ligne pour chacun d'eux, avec la petite portion claire qui lui appartient. De cette quantité il en revient à peu près 0,0008 à la portion claire, et 0,0004 à l'obscure. Les observations suivantes démontrent que les stries transversales des faisceaux musculaires proviennent de l'application les uns contre les autres des points obscurs des fibres primitives : 1° Leur distance s'accorde parfaitement avec celle de ces points. Schwann a trouvé, chez le lapin, que cinq stries transversales d'un faisceau musculaire embrassaient une étendue de 0,0045 : or, celle de cinq points obscurs, mesurés sur une fibre primitive provenant du même faisceau, était de 0,0046. 2° Il arrive quelquefois qu'à l'extrémité d'un faisceau musculaire qu'on a fait macérer, les fibres primitives se séparent dans le sens de leur largeur, sans se détacher les unes des autres dans celui de la longueur : on aperçoit alors, sur ces portions étalées, des stries transversales qui sont aussi distantes que celles du reste du faisceau, mais qui sont formées par des points obscurs faciles à distinguer les uns des autres et dépourvus de toute cohérence ensemble. 3° Enfin, on remarque parfois aussi une séparation des fibres primitives dans le sens de la longueur : alors le muscle semble, au premier aspect, non pas strié en travers, mais ponctué ; toutefois, en y regardant de plus près, et en suivant les points obscurs dans la direction des fibres, on s'aperçoit qu'ils se suivent d'une manière régulière; mais la série est irrégulièrement interrompue dans le sens de la largeur. Ainsi, comme l'apparence de stries transversales sur les muscles est produite par les points obscurs des fibres primitives, il suffit de mesurer la distance de ces stries pour connaître celle des points. Dans un faisceau musculaire de premier ordre, les stries transversales sont toujours parallèles, et par conséquent aussi les points obscurs des fibres primitives se trouvent placés à des distances égales. Au contraire, les stries transversales de deux faisceaux du premier ordre, placés l'un à côté de l'autre, peuvent être rapprochées dans l'un et éloignées dans l'autre. Cette disposition n'est nulle part plus frappante qu'au pharynx de l'homme. La distance de cinq stries était de 0,0065 à 0,0068 de ligne sur un point, et de 0,0053 à 0,0056 sur un autre; sur un troisième, les stries étaient encore plus rapprochées, de manière qu'on ne pouvait plus les compter. Dans un autre cadavre, Schwann a trouvé, au pharynx, la distance des cinq stries = 0,0034 de ligne dans un faisceau, et = 0,0080 dans un autre faisceau situé tout à côté. Chez le lapin, la distance ordinaire, dans les muscles soumis à la volonté, est de 0,0043 à 0,0046.

La répartition des fibres musculaires variqueuses, dont les faisceaux ont des stries transversales, est très déterminée chez l'homme, et nulle part il n'y a de transitions. On les trouve dans tous les muscles dépendants du système cérébro-rachidien;

parmi les muscles non soumis à la volonté, il n'y a que le cœur qui en présente; encore les stries transversales y sont-elles très peu prononcées. On ne voit pas de ces fibres au canal intestinal, non plus qu'à la matrice et à la vessie urinaire. Les muscles du pharynx appartiennent à la première classe; leurs faisceaux ont des stries transversales bien distinctes, et leurs fibres primitives présentent des varicosités. Au contraire, les fibres musculaires de l'œsophage sont dépourvues de renflements variqueux et de stries transversales. La limite est nettement tranchée; mais elle ne se trouve pas, comme on pourrait le croire, au commencement de l'œsophage; Schwann a reconnu qu'elle correspond à l'extrémité du premier quart. La partie supérieure du canal est encore pourvue d'une couche de fibres musculaires de la première classe, avec des stries transversales et des varicosités parfaitement apparentes. Ces fibres doivent être considérées comme la continuation de celles du pharynx, qui ont la même structure. Sur la face postérieure du sommet de l'œsophage, elles forment des faisceaux grêles, qui descendent d'un côté et remontent en arcade de l'autre côté. De même, au rectum, le système de la première classe et celui de la seconde sont séparés l'un de l'autre par une limite nette, au sphincter de l'anus, et la même chose a lieu au col de la vessie. La partie membraneuse de l'urèthre est revêtue de faisceaux musculaires rougeâtres et délicats, qui, d'après mes remarques, présentent des stries transversales, et appartiennent à la première classe, tandis que les fibres musculaires pâles de la vessie et de son col n'offrent aucune trace de ces stries.

Un des organes contractiles les plus remarquables, dans tout le règne animal, est l'organe palatin des carpes et autres cyprins, qui cependant n'est point général dans la famille des cyprinoïdes, car je ne l'ai pas trouvé chez le *Cyprinus aspius*. La portion contractile de cet organe est celle qui en garnit la surface : au-dessous, il y a du tissu cellulaire. L'organe reçoit un grand nombre de filets nerveux, qui lui sont fournis par des branches de la paire vague. E.-H. Weber a découvert son mode spécial de contraction. Lorsqu'on pose le doigt dessus, on sent se développer à l'endroit même une élévation conique, qui persiste au delà d'une minute. Si on le frotte en long avec un corps pointu, c'est une crête qui se produit. Si l'on fait décrire des lignes parallèles à ce corps pointu, des élévations parallèles se dessinent. Appuie-t-on largement le doigt, l'élévation qui se manifeste est large aussi. En distendant l'organe, j'ai fait naître une élévation et une convulsion dans le sens de la distension. L'acide azotique, l'acide sulfurique et l'alcool ne m'ont donné aucun résultat; mais l'acide sulfurique a produit de l'effet dans les expériences de Weber. La décharge d'une pile de quarante paires de plaques a occasionné les plus fortes convulsions de l'organe, toujours suivant la direction du courant (1). Cet organe contractile appartient aussi à la première classe d'organes musculaires. Lorsqu'on l'examine à la surface, on n'y aperçoit ni fibres ni faisceaux; mais, si

Fig. 89.



(1) Figure 89. fragments d'une fibre élémentaire de raie, tenus ensemble par le sarcolemme, non déchiré mais tordu. La fibre striée est enfermée dans une gaine ou *sarcolemme*, adaptée à la surface et qui y adhère. Le sarcolemme consiste en une membrane transparente, très délicate, mais ferme et élastique, qui isole la fibre de tous les autres tissus.

on enlève la membrane muqueuse buccale, et qu'on arrache l'organe, on voit qu'il se déchire avec plus de facilité en certains sens qu'en d'autres, et l'on découvre des faisceaux charnus rouges entrelacés, où le microscope fait apercevoir des stries transversales et des fibres primitives variqueuses. Les faisceaux ont tous la même épaisseur à peu près que les faisceaux primitifs des muscles de l'homme. La plupart d'entre eux marchent d'avant en arrière ; mais ils sont coupés en divers sens par des faisceaux obliques. Entre les faisceaux, on trouve un très grand nombre de gouttes d'huile. Cette disposition anatomique explique parfaitement le mode spécial d'action de l'organe.

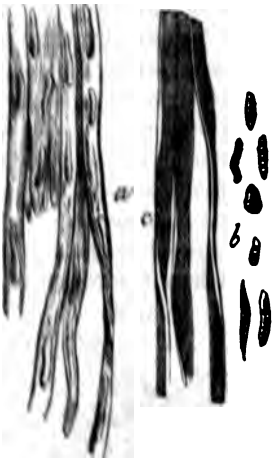
Les fibres musculaires variqueuses à stries transversales des faisceaux primitifs n'appartiennent pas exclusivement aux animaux vertébrés. On en trouve, par exemple, chez les insectes, dans tous les muscles soumis à la volonté. Chaque faisceau primitif a une gaîne très mince, qu'on parvient souvent à distinguer sous la forme d'un bord transparent.

R. Wagner a recherché les faisceaux musculaires striés chez un grand nombre d'animaux des classes inférieures (1). Il en a trouvé chez les insectes, les crustacés, les cirrhipèdes et les arachnides.

Muscles à fibres primitives cylindriques non variqueuses et à faisceaux primitifs dépourvus de stries transversales.

Ces fibres musculaires se rencontrent dans tout le canal intestinal des animaux supérieurs, depuis l'œsophage proprement dit jusqu'à l'anus. Cette particularité est d'autant plus frappante que les muscles volontaires du pharynx appartiennent à la première classe. D'après les observations de Schwann, la largeur des fibres primitives était de 0,0007, 0,0011, 0,0013 de ligne anglaise, dans le gros intestin de l'homme. R. Wagner n'a point trouvé de stries transversales aux faisceaux du gésier des oiseaux, quoique cette chair musculaire soit rouge, et je n'y suis pas plus parvenu que lui (2). Il n'y en a pas non plus, d'après Schwann, aux fibres de la matrice humaine, de la matrice remplie du produit de la gestation chez la lapine, ni de la vessie urinaire. Schwann n'a pu isoler aucune fibre de l'iris de l'homme ni du lapin : cependant cette membrane lui a montré, comme aussi à Lauth (3), une structure manifestement fibreuse ; les fibres étaient concentriques au voisinage du rebord pupillaire, et rayonnantes à la périphérie. Les fibres circulaires de l'iris du bœuf se com-

Fig. 90.



(1) Muller's *Archiv*, 1835, p. 318.

(2) Figure 90, fibres de muscle non variqueux : *c* dans leur état naturel ; *a* traitées avec l'acide acétique, montrant les corpuscules ; *b* corpuscules ou noyaux, détachés et montrant leurs apparences diverses.

(3) *L'Institut*, n° 57, 70, 73.

posent, d'après Lauth, de fibres musculaires primitives réunies en faisceaux entrelacés les uns avec les autres. Lauth n'a distingué que des fibres longitudinales, et il n'en a point aperçu de transversales. Schwann est parvenu à isoler les fibres de l'iris du cochon, sans recourir à la macération, en les écartant les unes des autres; elles sont très fines, larges de 0,0002 à 0,0003 de ligne anglaise, parfaitement cylindriques, et non moniliformes. Parmi les animaux sans vertèbres, tous les mollusques que R. Wagner a examinés (céphalopodes, gastéropodes, bivalves, ascidies), et les échinodermes, lui ont offert des fibres sans stries transversales (1).

Propriétés vitales des muscles.

Les propriétés vitales qu'on découvre dans les muscles sont, indépendamment de celles qui appartiennent à toutes les parties animales, la sensibilité et la contractilité. La première n'est pas dévolue aux muscles eux-mêmes, mais seulement aux fibres nerveuses sensitives qui s'y répandent; la seconde est l'énergie essentielle du muscle, celle qu'il manifeste après tout mode quelconque d'irritation, tandis que d'autres organes, lorsqu'ils viennent à recevoir la même irritation, déploient d'autres énergies, par exemple, des sensations, des sécrétions, etc.

La sensibilité des muscles pour les impressions du dehors est assez faible, comme on le voit quand ils viennent à être atteints de plaies faites par des instruments piquants ou tranchants. Une épingle qui a traversé la peau peut être enfoncée profondément dans un muscle sans causer de douleur; le cœur lui-même, mis à découvert, ne témoigne qu'un faible degré de sensibilité. Cependant les muscles ont un sentiment très délicat pour leurs propres états, ou plutôt leurs nerfs conduisent parfaitement les états dans lesquels la contraction les met; car, par là, non seulement nous sentons la fatigue et le spasme de nos muscles, mais encore la contraction de ces organes, dans nos mouvements pour toucher, nous procure un sentiment très net de la disposition des corps dans l'espace, dont nous calculons et comparons aussi la pesanteur et la résistance d'après la force de contraction que nous sommes obligés de déployer. Le sentiment des muscles ne saurait dépendre des mêmes fibres nerveuses que celles qui déterminent leur mouvement. Lorsque l'on coupe les racines postérieures des nerfs d'une des pattes de derrière d'une grenouille, sans toucher aux antérieures, l'animal perd toute sensibilité, non seulement à la peau, mais encore dans les muscles de la patte, tandis qu'il conserve intégralement le pouvoir de faire exécuter des mouvements volontaires à ces muscles. On peut lui enlever des portions entières de la patte, sans que cette lésion le sollicite à se mouvoir. Si l'on coupe à une grenouille les racines postérieures du côté droit et les antérieures du côté gauche, la jambe droite perd le sentiment et conserve le mouvement, tandis que la gauche conserve le sentiment et perd le mouvement : l'animal ressent dans la patte gauche des douleurs qui le déterminent à sauter, ce qu'il ne peut faire qu'avec la patte droite et en traînant l'autre.

(1) J'ai fait connaître, dans le premier volume, les observations de Valentin sur le développement des muscles. Pour les propriétés physiques de ces organes, consultez Haller, *Elementa physiologiæ*, lib. XI, s. 2, § 2; — E.-H. Weber, *Anatomie*, t. I, p. 396.

Les muscles se meuvent dès qu'eux-mêmes ou leurs nerfs moteurs viennent à être irrités d'une manière quelconque. Tous les irritants produisent le même effet, qu'ils soient mécaniques ou chimiques, froid, chaleur ou électricité. Mais tous aussi déterminent les muscles à se mouvoir lorsqu'ils agissent sur leurs nerfs. Les acides donnent plus facilement lieu à ce résultat quand on les met en contact avec le muscle que quand on les fait agir sur les nerfs : cependant on l'observe même assez souvent dans ce dernier cas, comme l'ont éprouvé Bischoff et Windischmann. La propriété qu'ont les muscles de se contracter sous l'influence de tous les irritants a été étudiée d'une manière spéciale par Haller, qui lui a imposé le nom d'irritabilité, par opposition à l'excitabilité spécifique des nerfs, à laquelle on donne celui de sensibilité. Toutefois tant d'hypothèses et d'erreurs se sont attachées au mot *irritabilité*, pris en ce sens, qu'il vaut mieux le laisser figurer dans l'histoire de la médecine que dans la physiologie elle-même.

La contractilité que les muscles déploient quand eux ou leurs nerfs sont irrités se manifeste encore quelque temps après la mort. Elle persiste d'autant plus, dans les parties musculaires, que la structure de l'animal est moins complexe. A mesure que l'organisation se complique, les parties deviennent plus dépendantes les unes des autres, et nécessairement la durée des phénomènes vitaux diminue suivant la même proportion dans les parties, après la mort du tout. Parmi les animaux vertébrés, ceux à sang blanc se distinguent de ceux à sang rouge à cet égard. Le cœur conserve son irritabilité pendant plusieurs heures chez les poissons et les reptiles; celle des autres muscles persiste de même chez les grenouilles, surtout quand la saison est froide, et les muscles d'une tortue décapitée n'ont point encore perdu toute la leur au bout d'une semaine. Chez les animaux supérieurs, l'irritabilité des muscles ne se maintient, en général, qu'une heure ou deux : cependant il y a certains cas où elle n'est point encore éteinte au bout de plusieurs heures, par exemple dans le muscle cutané du hérisson. Nysten (1), dans ses expériences sur les cadavres d'hommes qui jouissaient d'une pleine santé avant de subir la décapitation, a trouvé que les muscles perdaient leur aptitude à se contracter selon l'ordre suivant : le ventricule aortique du cœur devenait le premier inirritable, le canal intestinal, au bout de quarante-cinq à cinquante-cinq minutes, la vessie après le même laps de temps environ, le ventricule droit au bout d'une heure, l'œsophage d'une heure et demie, l'iris de deux heures moins un quart, les muscles de la vie animale plus tard encore, puis les oreillettes du cœur, et en dernier lieu celle du côté droit, qui se montre encore sensible au galvanisme au bout de seize heures et demie. Chez les oiseaux, la contractilité des muscles s'éteint plus rapidement que chez les mammifères; elle n'y dure que depuis trente à quarante minutes jusqu'à une heure. Chez les grenouilles, elle persiste, après la mort, plusieurs heures dans le cœur, dix-sept à dix-huit heures dans les muscles de la vie animale : quatorze à vingt heures après la mort, on en remarque encore des traces dans les oreillettes et les veines caves; en général, elle persiste plus longtemps chez les jeunes animaux. Nysten a vu, chez les chats nouveau-nés, les muscles se contracter encore au bout de trois heures quarante-cinq minutes, lorsqu'on les irritait, et l'action des irritants déterminer le même phénomène dans l'oreillette

(1) *Rech. de physiol. et de chim. pathol.* Paris, 1811, p. 321.

droite après six heures et demie. On peut conclure, en général, de ces observations, que plus la respiration exerce d'influence chez un animal et plus le besoin de respirer est impérieux pour lui, moins aussi l'irritabilité persiste dans ses muscles après la mort (1).

Certaines substances diminuent l'irritabilité des muscles par l'action qu'elles exercent sur eux. Les muscles des animaux qui ont péri dans le gaz acide carbonique, le gaz hydrogène, le gaz oxyde de carbone, la vapeur du soufre, ne se contractent que peu ou point sous l'influence des irritants ; ceux des animaux qui sont morts dans l'air atmosphérique et dans le gaz oxygène demeurent plus longtemps contractiles (2). L'eau pure diminue notablement l'irritabilité des muscles, lorsqu'elle demeure longtemps en contact avec eux. Cette observation, faite d'abord par Nasse, a été constatée ensuite par Stannius. Les cuisses de grenouille préparées, qu'on a laissées séjourner pendant quelque temps dans l'eau, ne conviennent point pour faire des expériences délicates sur l'irritabilité des nerfs et des muscles (3). Les substances narcotiques, appliquées localement sur les muscles, abolissent leur irritabilité ; si on les met en rapport avec les nerfs des muscles, elles les rendent incapables de provoquer la contraction musculaire à partir du point de leur application, tandis que le nerf conserve son pouvoir dans toute l'étendue comprise entre le point narcotisé et le muscle. Lorsque les narcotiques tuent en s'introduisant dans le torrent de la circulation, ils ne diminuent pas autant l'irritabilité que le fait leur application locale sous forme concentrée. Après avoir fait périr des grenouilles en les narcotisant, on peut encore, pendant des heures entières, déterminer leurs muscles à se contracter en irritant ces organes eux-mêmes ou les nerfs qui s'y rendent. Les substances qui exercent une action chimique décomposante, comme les alcalis caustiques, les acides concentrés, le chlore, etc., frappent l'irritabilité musculaire de mort instantanée dans le point qu'elles touchent. On ne connaît pas de substances qui exaltent cette propriété des muscles. A la vérité, le chlore et les carbonates alcalins dont on imbibait les nerfs ont, dans les expériences de Humboldt, rendu les préparations plus aptes à ressentir l'irritation électrique ;

(1) Wilgenroth (*Pericula nonnulla in animalibus violenter necatis facta*, Berlin, 1833) indique de la manière suivante la durée, en minutes, de l'irritabilité des fibres musculaires simples et striées en travers, chez des mammifères (chiens, chats, lapins) décapités : ventricule gauche du cœur, 16 ; gros intestin, 25 ; muscles du cou, coupés par l'instrument tranchant, du côté de la tête, 26 ; oreillette gauche, 30 ; intestin grêle, 35 à 40 ; muscles qui dépendent du nerf facial, 40 ; ventricule droit, 40 ; œsophage, 44 ; muscles du cou, coupés par l'instrument, du côté du tronc, 45 à 50 ; muscles masséters, 46 : diaphragme, 54 ; muscles de la face, 53 ; muscles du tronc, 60 à 70 ; muscles des pattes de derrière, 70 ; muscles des pattes de devant, 80 à 90. La vessie donna des résultats très variables : parfois elle fut insensible au galvanisme, tandis qu'elle se contracta faiblement, chez un chat 34, et chez un chien 49 minutes après la mort. L'action de l'air atmosphérique, d'un irritant mécanique et du galvanisme, ayant été essayée comparativement, il fut trouvé qu'après la mort le gros intestin demeurait impressionnable au premier pendant 15 minutes, au second 20, au troisième 25, et l'intestin grêle au premier pendant 25 minutes, au second 30, au troisième 35 à 40 ; d'où il suit que les muscles demeurent plus longtemps accessibles à l'action du galvanisme qu'à celle des irritants mécaniques, et à celle-ci qu'à celle de l'air atmosphérique. (*Note du trad.*)

(2) Nysten, *loc. cit.*, p. 328. — Tiedemann, *Traité de physiologie de l'homme*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1834, t. II, p. 597.

(3) Heckel's *Annalen*, 1832, décembre.

mais Pfaff a fait voir que ce résultat dépendait de l'action galvanique dans la chaîne fermée, et non d'une exaltation réelle de l'irritabilité animale.

La contractilité des muscles est soumise aux lois générales de l'irritabilité animale. Quand ces organes sont rarement mis en jeu par des stimulants internes, leur force diminue; d'un autre côté, à chaque effort qu'ils font, l'aptitude à la répéter diminue momentanément, et la fatigue a lieu. Excitation et repos sont donc également nécessaires à la conservation et à l'accroissement de la force musculaire. L'excitation paraît déterminer la nature à tourner de préférence vers les muscles les changements matériels indispensables pour la nutrition et la formation de leur tissu. Cependant la lassitude à la suite de chaque effort n'est pas moins nécessaire, parce que l'action et l'irritation des muscles entraînent des changements matériels de leur tissu. On peut encore observer jusqu'à un certain point ces faits dans les muscles d'une grenouille mise à mort. L'application modérée et périodique de l'électricité fortifie les contractions de ces muscles, lorsqu'elles étaient d'abord faibles; mais elle les épuise aussi avec rapidité quand on la répète trop souvent; et, si des excitations réitérées amènent la diminution des contractions, le repos rétablit souvent jusqu'à un certain degré l'aptitude à en opérer de nouvelles.

La contraction des muscles, pendant laquelle ils sont plus fermes et plus durs, est seule leur état actif; lorsqu'ils se trouvent allongés, ils sont dans l'état de relâchement. Rien ne justifie l'hypothèse d'une expansion active de ces organes. Oesterreicher l'a très bien réfutée par une expérience palpable. Il a remarqué, en effet, que le cœur d'une grenouille, détaché du corps, et sur lequel on place un petit poids, le soulève quand il se contracte, et le laisse retomber lorsqu'il se distend. Au reste, il ne faut pas se figurer que les muscles vivants soient jamais dans un état complet de relâchement. Constamment, même durant le repos, ils sont sous l'influence du principe des nerfs; c'est ce que prouvent clairement la rétraction des deux bouts d'un muscle coupé en travers, le tremblotement de celui dont on a mis la surface à découvert, et la distorsion du visage et de la langue dans l'hémiplégie.

Si l'on observe un muscle au moment où il se contracte, on reconnaît qu'il gagne en volume ce qu'il perd en longueur, et souvent on aperçoit, dans ses faisceaux, un mouvement ondulatoire ayant la rapidité de l'éclair. Comme les muscles deviennent plus fermes en se contractant, on serait tenté de croire qu'ils acquièrent alors plus de densité, et que par conséquent ils doivent diminuer de volume, quoique leur accroissement de solidité puisse aussi dépendre de la force avec laquelle certaines de leurs molécules s'attirent réciproquement. Laissant de côté les observations incomplètes des anciens, de Glisson, de Swammerdam (1), je ne parlerai ici que des recherches qui ont été faites à ce sujet par les modernes.

On introduit les parties contractiles dans un tube effilé à la lampe et plein d'eau, où l'on observe la hauteur au moment de la contraction provoquée par le galvanisme. Barzellotti, Mayo, Prevost et Dumas, qui ont opéré sur de petites masses de chair, n'ont remarqué aucun changement de niveau; mais Gruithuisen et Erman en ont observé un, très faible à la vérité. Erman introduisit dans un vase de

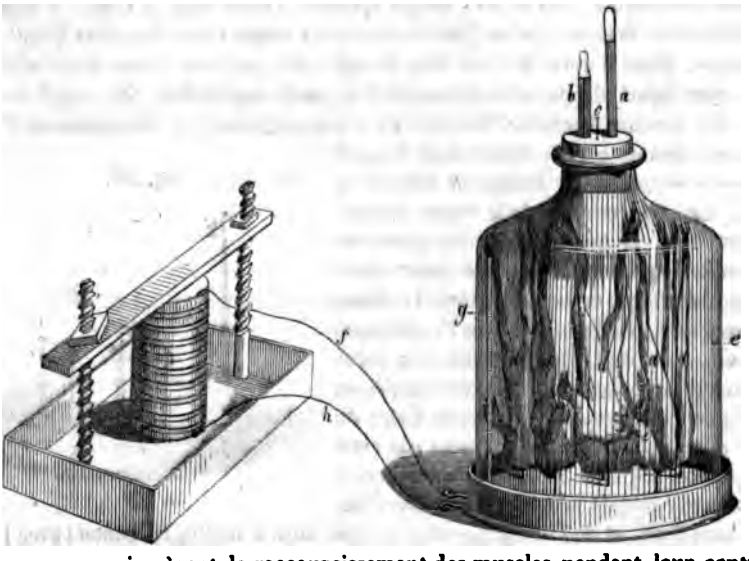
(1) *Voy.* HALLER, *Elem.*, lib. XI, p. 2, § 22.

verre la moitié inférieure d'une anguille, débarrassée des entrailles, et portant deux fils métalliques, l'un dans la moelle épinière, l'autre dans la chair; il disposa ces deux fils de manière qu'on pût les mettre en rapport avec les pôles d'une pile galvanique. Alors il versa de l'eau dans le vase, en ayant soin qu'un étroit tube de verre, par lequel l'appareil se terminait à sa partie supérieure, fût rempli de liquide. En fermant la chaîne, les muscles se contractèrent, et constamment l'eau monta de quatre à cinq lignes dans le petit tube; elle redescendait lorsqu'on ouvrait la chaîne. La condensation de la masse musculaire est donc si peu considérable qu'on ne peut nullement compter sur elle pour expliquer le phénomène de la contraction (1). Peut-être aussi ne dépendait-elle, dans l'expérience d'Erman, que de la compression des petits vaisseaux des mucles, qui, ayant été coupés en travers, se trouvaient par là remplis d'air; du moins s'explique-t-elle parfaitement par cette circonstance. Si l'on répétait l'expérience, il faudrait avoir soin de préparer le tronçon d'anguille sous l'eau, et de l'introduire dans le tube sans le mettre en contact avec l'air atmosphérique.

Fig. 91.

(1) Les figures 91 et 92 représentent un appareil dont Gerber s'est servi pour répéter l'expérience d'Erman. On prend un couvercle ou carton *a* (fig. 91), sur lequel on fixe avec de la laque *b* six fils de fer *c d e f g h*, courbés à angle droit, dont les branches les plus courtes sont dressées, tandis que les plus longues traversent le couvercle. On tortille ensemble les six bouts horizontaux, afin d'en former un fil conducteur *i*. Un autre fil de fer *k*, également courbé à angle droit, est passé aussi à travers le carton et fixé de la même manière. Sa portion verticale est couverte de laque, à l'exception de l'extrémité recourbée, et assez longue pour pouvoir atteindre presque jusqu'à la paroi supérieure du vase dont nous parlerons tout à l'heure. Son extrémité inférieure *l* dépasse également le bord du plateau. Ensuite, on couvre celui-ci d'un mélange à parties égales de cire et de térébenthine, qui se durcit bientôt. On prend alors un flacon *c* (fig. 92), d'une capacité de 6 à 8 centimètres cubes. On en coupe le fond, et l'on adapte au col un bouchon couvert de cire à cacheter *c*: ce bouchon est traversé par deux tubes, l'un *a*, de trois millimètres et demi de diamètre et d'un décimètre de long; l'autre *b*, de même diamètre, traverse le bouchon entier; le premier n'en traverse que la partie supérieure, et au-dessous de lui on a ménagé un vide conique. Avant d'introduire le bouchon, on a eu soin de chauffer le col du flacon, afin que la cire à cacheter fonde, et on lute encore la surface libre de ce même bouchon avec de nouvelle cire à cacheter. Cela fait, on décapite six grenouilles dans de l'eau tiède; on leur enlève les intestins, on les essuie, et on les plante sur les six fils de fer, qu'on introduit profondément dans le canal rachidien. Pendant ce temps, un aide chauffe le bord inférieur du flacon, pour qu'en l'appliquant sur la couche de cire et de colophane, il la fasse fondre et y produise une rainure. Après le refroidissement, on emplit le flacon d'eau tiède par le tube *a*, au moyen d'un petit entonnoir, en ayant soin que la colonne de liquide s'élève, dans ce tube, un peu au-dessus de l'orifice du tube *b*, par lequel l'air s'échappe. On agite l'appareil pour chasser les bulles d'air qui pourraient adhérer aux grenouilles et à la face inférieure du bouchon, précaution importante, et de laquelle dépend le succès de l'expérience. On fait communiquer le conducteur *f* avec le bout du fil *k*, et le conducteur *g* avec le fil tortillé qui supporte les six grenouilles. Lorsqu'on ferme la chaîne, les grenouilles s'allongent. S'il s'opérait une condensation, la colonne d'eau devrait monter dans le tube *a*. Quelque peu d'air qu'il y ait dans l'appareil, la colonne *a* oscille d'un peu moins d'un demi-millimètre à chaque contraction, lors-

Fig. 92.



Les causes qui opèrent le raccourcissement des muscles pendant leur contraction peuvent être de trois sortes.

1° **La flexion en zigzag des faisceaux musculaires** (1). Un phénomène qu'on peut voir à l'œil nu, sur des muscles qui se contractent, et qu'on observe beaucoup

que le tube *b* est bouché. S'il se trouve plus d'air, la différence peut aller jusqu'à deux millimètres. Lorsqu'il n'y a point d'air du tout, elle ne dépasse jamais un quart de millimètre, et, la plupart du temps même, on n'en observe aucune. Il ne faut pas perdre de vue que le galvanisme décompose un peu d'eau, de sorte qu'on doit avoir soin de chasser le gaz chaque fois qu'on le fait agir. L'expérience bien conduite prouve donc que la substance musculaire ne se condense point en se contractant, qu'elle n'éprouve aucun changement de volume.

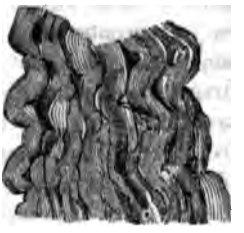
(*Note du trad.*)

(1) La doctrine admise depuis un siècle par la plupart des physiologistes, que les fibres musculaires se froncent en se contractant, forment des plis ou se disposent en zigzag, doctrine émise par des hommes tels que Hales, Sauvages, Verheyen et Haller, paraissant avoir été mise hors de conteste par les expériences de Prevost et Dumas, et confirmée par les observations de R. Wagner, Henle et Valentin, est réfutée maintenant par les expériences les plus décisives qui peuvent être aisément répétées par chacun. M. Ed. Weber, cherchant un moyen de mettre les muscles dans un état quelque peu prolongé de contraction vivante, a eu l'idée d'employer l'appareil magnétique à rotation pour irriter les nerfs et les muscles en ces expériences. Au lieu que ses prédécesseurs se servaient pour cela de la pile galvanique, laquelle ne produit qu'en se fermant ou s'ouvrant une contraction tellement rapide, qu'il est impossible de discerner quels changements s'opèrent alors. Il montre que les faisceaux d'un muscle de grenouille, reséqué et mis sur une lame de verre, étant dans un état modéré de flexion, deviennent droits au moment de la contraction, et demeurent tels tant que dure la contraction entretenue par l'appareil à rotation. Mais, à l'instant où cesse l'irritation galvanique, un spectacle remarquable s'offre à l'œil : tous ces faisceaux droits reprennent subitement les flexions en zigzag les plus régulières et les plus élégantes; de sorte que tous les faisceaux placés l'un près de l'autre forment au même point un angle, et que les angles nombreux, que chaque faisceau forme dans toute sa longueur, sont alternativement tournés en sens opposé (*Sur les découvertes d'Ed. Weber*, dans Muller's *Archiv*, t. XIII, p. 488). É. L.

mieux avec le secours d'une loupe, c'est que les faisceaux des fibres musculaires exécutent des flexions en zigzag. Prevost et Dumas (1) l'ont étudié. Ils considèrent les fibres musculaires comme composées d'un certain nombre de petites lignes droites, qui sont susceptibles de s'incliner les unes sur les autres. La longueur de ces lignes était de dix à douze millimètres dans les muscles de la cuisse d'une grenouille : la distance des extrémités des lignes rapprochées par la flexion anguleuse s'élevait à seize ou dix-sept millimètres; seize de ces lignes formaient ensemble cent soixante-douze millimètres et demi, ce qui exprime la longueur de la partie musculaire dans l'état de repos. La distance des angles, dans l'état d'irritation des lignes, était de cent trente millimètres. Donc le raccourcissement était de 0,23 sur une fibre musculaire. Prevost et Dumas ont mesuré aussi le raccourcissement du même muscle en totalité dans la contraction : il s'élevait à 0,27 (2). Comme ces mesures s'accordent assez bien ensemble, ils conclurent de là que le raccourcissement des muscles par l'effet de leur contraction dépend réellement de ces angles, qui forment des portions de dix à douze millimètres des fibres musculaires. Plusieurs motifs rendent cependant très probable que la flexion anguleuse des fibres musculaires, observée par Prevost et Dumas, et si facile à voir sans le secours des verres grossissants, n'est pas la seule ni peut-être même la cause la plus essentielle de leur raccourcissement (3).

Fig. 93.

Fig. 94.



(1) *Journ. de physiol.*, par Magendie, t. III, p. 311.

(2) Les figures 93 et 94 représentent cette flexion en zigzag. D'après Valentin, elle offre plusieurs variétés : tantôt, comme dans la figure 93, les inflexions sont parfaitement régulières, de même étendue, et parallèles entre elles dans toutes les fibres voisines; tantôt, comme dans la figure 94, les fibres ne se raccourcissent pas toutes d'une manière égale, et elles présentent des ondulations qui diffèrent d'étendue, ou même ne se correspondent pas. Valentin évalue à 6 ou 7 par ligne le nombre des inflexions doubles dans les cas où la courbure en zigzag est aussi prononcée que possible, et à 10 ou 18 dans ceux où elle est incomplète. L'ouverture de l'angle varie de 80 à 120 degrés. (*Note du trad.*)

(3) Donné conseille de recourir à la langue d'une grenouille vivante (*Cours de microscopie*, p. 113) pour étudier le phénomène de la contraction musculaire. Un pouvoir amplifiant peu considérable suffit pour y faire distinguer le système vasculaire, dessiné sur un fond gris, demi-transparent, dans lequel on distingue une multitude de fibres dirigées en divers sens et formant quelquefois plusieurs plans superposés et entrecroisés. Ces fibres appartiennent aux muscles de la langue. On n'y reconnaît pas, il est vrai, dit Donné, le caractère fondamental de la fibre musculaire élémentaire, tel qu'il apparaît dans les muscles en général, dans ceux des membres, par exemple, chez la grenouille. Au lieu de ces faisceaux, composés de fibres coupées de petites lignes noires transversales, formant des espèces de fines échelles fort élégantes et d'une régularité parfaite, les muscles de la langue de la grenouille n'offrent que des fibres grisâtres, légèrement pointillées, mal définies et peu nettes; mais on ne peut se tromper et les méconnaître à leur propriété essentielle de se contracter, qui se manifeste à chaque instant sous les yeux de l'observateur, pendant l'expérience. Cette contraction elle-même, ajoute Donné, ne s'opère ni en zigzag ni en spirale; elle s'effectue par un simple raccourcissement de la fibre, comme dans un fil de caoutchouc, sans que l'on aperçoive aucune autre modification de la substance. (*Note du trad.*)

2° Lauth a fait quelques observations importantes sur ce sujet (1). En prenant un muscle encore irritable, et l'exposant, sous le microscope, à l'action d'une pile galvanique, il s'aperçut que la contraction avait lieu de deux manières. La plus forte consistait en une production de courbures en zigzag dans la fibre secondaire entière; mais, quand l'action galvanique était plus faible, il remarquait un raccourcissement de toute cette fibre secondaire, sans flexion en zigzag. Dans ce cas, la surface de la fibre secondaire (ou du faisceau), au lieu d'être lisse, présente sur tout son pourtour des rides transversales, qu'on observe aussi dans les fibres ployées en zigzag, et qui sont tout à fait indépendantes de cette dernière flexion. Il est donc évident, dit Lauth, que ce raccourcissement moindre doit être attribué à la contraction des fibres primitives, laquelle, suivant lui, tient au rapprochement des globules qui les constituent. En examinant les faisceaux musculaires primitifs des insectes, j'ai observé des espèces de lignes transversales, qu'il faut bien distinguer de celles qui sont serrées les unes contre les autres. Celles dont je parle se voient surtout chez les insectes qui ont séjourné dans l'alcool : cependant on les rencontre assez fréquemment aussi, du moins sur quelques points, chez les sujets frais. Elles sont beaucoup plus distantes les unes des autres que les lignes transversales primitives; mais leur distance est régulière, et le faisceau, après avoir été plongé dans l'alcool, semble souvent être comme articulé d'une manière régulière ; il arrive assez fréquemment aussi qu'après l'immersion dans l'esprit de vin, les faisceaux primitifs se rompent à l'endroit des lignes transversales. La distance des lignes secondaires est un peu moindre que la moitié de la largeur des faisceaux primitifs des insectes. Cinq grandes lignes transversales avaient ensemble une étendue de 0,010; de sorte que la distance entre deux était de 0,002 ligne anglaise. La plupart des lignes transversales secondaires étaient droites; quelquefois cependant elles étaient un peu obliques ou arquées, mais toujours elles marchaient parallèlement les unes aux autres dans de grandes étendues des faisceaux. En examinant les faisceaux primitifs des muscles qui ont été conservés dans l'alcool, on voit distinctement qu'ils sont comme étranglés à l'endroit des lignes transversales, et renflés entre elles ; le resserrement et le renflement paraissent obscurs ou clairs suivant le mode d'éclairage. Quelquefois l'étranglement est clair et le ventre obscur; parfois aussi l'inverse a lieu, par l'effet d'un léger changement de la distance focale. La portion claire de la ligne transversale de l'étranglement s'élevait à 0,007 ligne anglaise, et la portion obscure du ventre à 0,0013. Ces étranglements ne proviennent point d'un simple froncement de la gaîne des faisceaux primitifs; car on distingue aisément celle-ci au bord, sous l'apparence d'une languette claire, qui n'est pas la seule chose qu'offrent les étranglements; il arrive souvent qu'on reconnaît très nettement que la substance musculaire du faisceau composé de fibres primitives à rides transversales primitives est tout aussi étranglée que la gaîne. Or, comme les fibres musculaires des insectes ressemblent à celles des animaux supérieurs par la forme de leurs fibres et les lignes transversales primitives, l'apparition des lignes transversales secondaires sur les premières est une circonstance importante pour l'explication de la contraction des muscles; et, comme les fibres transversales secondaires manquent sur certains

(1) L'*Institut*, n^os^ 57, 70, 73.

points, tandis qu'elles existent sur d'autres, il devient par là plus vraisemblable encore qu'elles sont une expression de la contraction des faisceaux primitifs. Ce mode de contraction différerait de la contraction en zigzag des gros faisceaux, en ce que le petit faisceau ne décrit pas de flexions alternatives, et que les fibres primitives s'écartent les unes des autres entre deux lignes transversales secondaires, ce qui produit l'élargissement de la partie ventrue. Naturellement un faisceau de fibres peut se raccourcir de deux manières : ou par des flexions alternatives du faisceau entier, les fibres demeurant parallèles, ce qui a lieu dans le raccourcissement visible des gros faisceaux ; ou par l'écartement des fibres du faisceau entre des portions transversales aliquotes de ce dernier. Ce dernier mode de contraction coïncide très probablement avec le premier dans les muscles des insectes, et peut-être aussi dans ceux des animaux supérieurs.

3° Il est possible que les fibres musculaires de la seconde classe, celles qui appartiennent à la partie organique du corps, se contractent de la première et de la seconde manière à la fois. Toutefois un troisième mode encore de contraction est possible dans les fibres musculaires du système animal, celles qui présentent des renflements variqueux; ce mode aurait lieu par le rapprochement des renflements de fibres primitives et le raccourcissement des portions rétrécies qui les séparent. On ne peut alléguer aucun fait ni pour ni contre sa réalité. Comme les varicosités manquent dans la seconde classe entière des muscles, toute théorie de la contraction musculaire qui reposerait uniquement sur elles serait vicieuse. Cependant le rapprochement des globules peut très bien coïncider, dans les muscles de la vie animale, avec les autres modes de contraction qui s'observent dans les faisceaux secondaires et primitifs, et quelques circonstances spéciales rendent même probable qu'il y a lieu réellement. En effet, les varicosités ne sont pas plus nécessaires pour la contraction par renflement de parties aliquotes des petits faisceaux que pour la contraction en zigzag des faisceaux, puisqu'il s'en trouve une série tout entière sur chaque flexion. D'ailleurs, comme l'ont appris les recherches de Schwann, les varicosités des fibres et les lignes transversales primitives des plus petits faisceaux du système animal ne sont pas toujours également distantes les unes des autres sur des faisceaux placés côte à côte. Il n'y a pas moyen de pousser plus loin cette hypothèse ; mais, si les varicosités se rapprochaient réellement, on pourrait concevoir la chose des deux manières, soit par une attraction mutuelle exercée par les globules, en supposant ces derniers pleins, soit, en les supposant creux, par leur accroissement de volume, ou l'accumulation d'un fluide, qui alors abandonnerait les portions des fibres primitives placées entre elles. Il serait inutile et même dangereux de s'appesantir davantage là-dessus, puisqu'il faudrait s'éloigner de la ligne des faits. L'état d'imperfection de nos instruments ne nous permet pas de savoir si des parties aussi délicates que les fibres primitives des muscles sont creuses ou pleines, et il faut laisser à l'histoire des hypothèses physiologiques le soin de reproduire les opinions hardies des anciens à cet égard (1).

(1) M. Weber ayant établi qu'un muscle vivant, dans l'acte de contraction, devient plus mou et plus extensible, et qu'au contraire, au moment où l'irritation cesse, il perd en extensibilité et en mollesse, et que la contraction musculaire ne provient pas d'une augmentation de l'élasticité, il en résulte que des muscles fatigués et non fatigués ne se comportent pas de la même façon ; Des muscles fatigués s'amollissent beaucoup plus dans la contraction que des

Roideur cadavérique.

On appelle ainsi la rigidité des membres, produite par les muscles, qui survient après la mort et cesse au bout d'un certain laps de temps. Suivant Sommer (1), cette roideur commence ordinairement au cou et à la mâchoire inférieure, d'où elle gagne les extrémités supérieures, du haut en bas, puis les membres pelviens. Il est rare qu'elle débute par ces derniers, ou qu'elle envahisse les quatre membres à la fois. Sur deux cents cas, Sommer n'en a rencontré qu'un seul où elle ne commençât pas au cou. Elle rend les muscles, tant fléchisseurs qu'extenseurs, plus fermes et plus denses. Sommer assure qu'elle s'accompagne d'un léger mouvement. Il combat l'assertion de Nysten, que les membres qui la subissent conservent toujours la position qu'ils avaient auparavant. Loin de là, il a remarqué que, même dans le cas où la bouche était ouverte au moment de la mort, la mâchoire inférieure se rapprochait fortement de la supérieure à l'invasion de la roideur cadavérique. Il a observé aussi qu'une flexion plus considérable s'opère aux extrémités; que, par exemple, le pouce s'applique contre la paume de la main, ou que même l'avant-bras se fléchit un peu. Si l'on emploie la force pour vaincre la roideur déjà entièrement développée dans une partie, elle n'y reparaît plus; mais, si l'on agit ainsi avant qu'elle soit parvenue à son plus haut degré, elle se reproduit. Le relâchement commence ordinairement à la tête, d'où il s'étend aux membres thoraciques, puis aux pelviens. D'après les nombreuses observations de Sommer, qui méritent pleine confiance, quoique n'étant pas d'accord en tous points avec celles de ses prédécesseurs, la roideur cadavérique ne survient jamais plus tôt que dix minutes après la mort, ni plus tard que sept heures. Elle dure, en général, d'autant plus longtemps qu'elle s'est établie plus tard. Si la force musculaire n'était point affaiblie avant la mort, comme chez les asphyxiés, la roideur se déclare plus tard et dure davantage. Après les maladies aiguës qui ont abattu les forces, elle se manifeste plus promptement, par exemple quelquefois au bout de quinze à vingt minutes dans le typhus. La même observation a été faite après les maladies chroniques épuisantes. Lorsque la mort a été causée soudainement par une maladie aiguë, elle dure plus longtemps et survient plus vite. Hunter et Himly ne l'avaient point observée chez un sujet frappé de la foudre : Sommer l'a vue se déclarer tout aussi promptement qu'à l'ordinaire chez un chien tué par l'électricité. La remarque d'Orfila, qu'elle a lieu plus tardivement après l'asphyxie par la vapeur du charbon, ne lui paraît pas exacte; il fait remarquer que, s'il ar-

muscles non fatigués; l'affaiblissement de la force musculaire, lequel provient de la diminution de l'élasticité dans la contraction, est beaucoup plus grand dans des muscles fatigués, que dans les autres. Jusqu'à présent *lassitude* était un mot vide; nous n'avions aucune idée de la cause qui affaiblit l'activité d'un muscle fatigué. Grâce à M. Weber, nous apercevons une circonstance importante de ce phénomène physiologique; nous savons maintenant qu'un muscle fatigué, qui se contracte ou tend à se contracter, est plus mou et plus extensible qu'un muscle non fatigué (*Sur les découvertes d'Ed. Weber*, dans Mueller's *Archiv*, t. XIII, p. 518). É. L.

(1) *Diss. de signis mortem hominis absolutam indicantibus.* Copenhague, 1833. — *Comp.* Guentz, *Der Leichnam des Menschen.* Leipzick, 1827. — Nicolai, dans Rust, *Magazin*, 34, 2. — Burdach, *Traité de physiologie*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1839, t. V, 430. — Bouchut, *Traité des signes de la mort.* Paris, 1849.

rive quelquefois à la roideur cadavérique de se manifester plus tard chez les asphyxiés, c'est moins à l'asphyxie dont la mort a été précédée, qu'au genre de mort, qu'on doit attribuer le phénomène. Ses expériences sur les animaux lui ont démontré, comme à Nysten, que l'empoisonnement par les substances narcotiques ne l'empêche pas de survenir. Nysten avait déjà reconnu que, chez les hémiplégiques, elle a la même intensité dans les muscles paralysés et dans ceux qui ne le sont pas; Sommer confirme l'exactitude de cette remarque, mais en ajoutant qu'il ne faut pas que la paralysie ait entraîné un changement considérable dans la nutrition des muscles, ou leur hydropisie, cas auquel il l'a vue une fois manquer totalement du côté malade. Nysten avait remarqué que le spasme cesse au moment de la mort, ou très peu de temps après, chez les tétaniques, et que le cadavre conserve pendant quelques heures sa flexibilité avant de devenir roide : cependant Sommer a vu une fois le spasme tétanique des mâchoires être remplacé immédiatement par la roideur cadavérique. Celle-ci survient, en général, avec plus de rapidité chez les nouveaux-nés et les vieillards; elle n'est point aussi forte, et disparaît plus tôt. Sommer a observé que, contre l'assertion de Nysten, elle se manifeste dès avant le refroidissement complet. Elle a lieu aussi bien dans l'air que dans l'eau : cependant un cadavre plongé dans de l'eau dont la température est de zéro à quinze degrés devient plus roide et reste ainsi plus longtemps que dans l'air à la même température. Quant à ce qui concerne l'influence du cerveau et de la moelle épinière sur la manifestation de la roideur cadavérique, Sommer confirme les observations de Nysten, desquelles il résulte que la destruction des parties centrales du système nerveux ne change rien ni à son invasion ni à son degré ou à sa durée (1).

Fig. 95.

(1) Comme le dit Valentin (*Physiologie*, t. II, p. 85), la théorie permet d'admettre que les fibres musculaires simples offrent également le phénomène de la roideur cadavérique; mais on peut aussi le démontrer par l'expérience suivante. On prend (fig. 95) un bocal *a*, dont le fond contienne une petite couche d'eau *c*, et dans lequel on place obliquement un support assez large pour recevoir une portion d'intestin *d*, qui vient d'être détachée du corps d'un animal récemment mis à mort. L'un des bouts de cet intestin est clos par une ligature, et l'autre joint à un long tube de verre *e*, par lequel on verse de l'eau chaude, jusqu'à ce que l'anse intestinale soit remplie et que le liquide s'élève dans le tube à un niveau que l'on marque. Ce tube passe à travers un double couvercle posé sur l'orifice du bocal, et l'on a soin de le tenir droit ; après quoi on bouche complétement l'appareil au moyen d'une vessie mouillée. La couche *c* du liquide fait que l'intestin se trouve plongé au milieu d'une atmosphère de vapeur aqueuse, qui l'empêche de se dessécher et qui s'oppose à l'évaporation de l'eau qu'il contient. Lorsque la roideur cadavérique s'établit, le liquide monte dans le tube *e*, et n'y baisse que quand la roideur cesse. Dans une expérience sur une portion d'intestin grêle de cheval, détachée entre un quart d'heure et une demi-heure après la mort de l'animal, et qui s'était fortement resserrée pendant la préparation, la colonne de liquide baissa jusqu'à la septième heure après la mort, et alors demeura fixe. Le lendemain, vingt-quatre heures environ après la mort, elle avait monté de 7 1/2 millimètres. Elle ne commença à redescendre qu'au bout de cinq à six heures, et cent vingt heures après la mort elle était au-dessous du point auquel elle s'était arrêtée à la septième heure.

(*Note du trad.*)

Nysten place le siége de la roideur cadavérique dans les muscles, parce qu'elle persiste après la section transversale des capsules et même des ligaments latéraux des articulations, tandis qu'elle disparaît après celle des muscles. Sommer partage la même opinion, mais en faisant remarquer que, si un membre recouvre sa mobilité après la section des muscles, les deux bords de ceux-ci n'en demeurent pas moins fermes et roides, comme l'avait déjà observé Rudolphi. Nysten attribuait la rigidité à la contractilité organique des fibres musculaires (1). Parmi les motifs qu'il fait valoir à l'appui de cette hypothèse, le plus important est que, quand la rigidité survient pendant la plus grande flexion d'un membre, les muscles fléchisseurs se trouvent alors dans le même état que lorsqu'ils se contractent par l'effet de la volonté. Sommer ne reconnaît pas ce fait; lorsqu'un bras est dans la flexion avant l'apparition de la roideur et l'autre dans l'extension, le biceps de ce dernier se roidit également, bien que sa rigidité ne ressemble point à la contraction vitale. Le point essentiel ici est de savoir si, au moment où la rigidité s'empare d'eux, les muscles conservent encore des traces de contractilité organique sous l'influence des stimulants. Déjà Nysten en avait observé quelques faibles vestiges dans ce cas. Sommer n'a vu, en général, aucun effet résulter de l'application des excitants, et il lui est arrivé parfois de remarquer des contractions prononcées, bien qu'elles n'eussent aucune influence sur la situation des membres. Généralement parlant, le phénomène de la roideur cadavérique se manifeste d'autant plus tôt que l'irritabilité des muscles s'éteint plus vite : ainsi, c'est chez les oiseaux qu'il a lieu avec le plus de promptitude; on le voit survenir plus tard et durer moins chez les reptiles, dont les muscles conservent pendant longtemps leur irritabilité (2). Sommer l'attribue à une contractilité physique, et non organique, des fibres musculaires; car, dit-il, il se manifeste quand tous les phénomènes vitaux ont perdu de leur

(1) D'après Ed. Weber, la dureté d'un muscle contracté n'est qu'apparente. Non seulement les muscles en se contractant ne deviennent pas plus durs, mais même ils deviennent plus mous, bien qu'en raison de la tension ils soient durs au toucher. Ce qui est particulièrement remarquable, c'est qu'à l'état de vie ils sont extraordinairement mous et parfaitement élastiques, et qu'en mourant ils deviennent plus durs, mais perdent leur parfaite élasticité. Ce nouveau fait jette de la lumière sur la rigidité cadavérique. Cette rigidité est l'effet non de la dernière contraction, mais de l'endurcissement survenant après la mort (*Sur les découvertes d'Ed. Weber*, dans Muller's *Archiv*, t. XIII, p. 497). É. L.

(2) M. Brown-Séquard (*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1849, p. 138) a fait des recherches touchant l'influence de l'électro-magnétisme et de la foudre, sur la durée de la rigidité cadavérique. On sait que, suivant Hunter et Himly, la rigidité cadavérique n'a pas lieu chez les hommes et les animaux foudroyés. Plusieurs auteurs ont révoqué en doute l'exactitude de cette observation. Sommer dit avoir vu la rigidité survenir tout aussi promptement qu'à l'ordinaire chez un chien tué par l'électricité. La plupart des médecins modernes qui ont écrit sur les signes de la mort déclarent que la rigidité ne manque jamais après la mort, et ils se servent de l'expérience de Sommer pour combattre Hunter. Mais cette expérience est tout à fait insignifiante, et les observations faites par Hunter et Himly doivent être très exactes. On sait qu'en général, plus la rigidité tarde à se montrer, plus elle est énergique et plus elle dure de temps. Or, si nous trouvons que l'électro-magnétisme appliqué à un animal qui va mourir agit sur lui de manière qu'après sa mort la rigidité lui arrive d'autant plus vite que le courant employé sera plus énergique, on admettra aisément que la foudre, c'est-à-dire l'électricité atmosphérique en quantité énorme, fera arriver la rigidité encore beaucoup plus tôt que nous ne pouvons le faire avec les appareils que nous possédons. Si la rigidité arrive bien plus tôt, la durée en devra être excessivement diminuée; en conséquence, il pourra être impossible d'en

énergie : or une contraction physique analogue survient, après la mort, dans des parties non musculeuses, telles que la peau, le tissu cellulaire, les membranes et les ligaments. Orfila, Béclard et Treviranus rapportent la rigidité cadavérique

observer l'existence chez les individus foudroyés. C'est ce qui sera rendu manifeste par les chiffres suivants, résultant d'expériences comparatives très nombreuses.

On enlève le cœur sur cinq mammifères (lapins ou cobayes) de même espèce, de même âge et, autant qu'on en peut juger, de même force. On en laisse un de côté sans y toucher, et l'on soumet les quatre autres au passage d'un courant électro-magnétique de force différente pour chacun des quatre animaux. Voici les curieux résultats qu'on obtient alors relativement à la rigidité cadavérique. Le premier animal ne devient rigide qu'au bout de *dix heures ;* sa rigidité est excessivement énergique et dure *huit jours*. Les quatres animaux soumis à l'électro-magnétisme présentent les différences suivantes : 1° Celui qui a été soumis au courant le plus faible devient rigide au bout de *sept heures*, et sa rigidité dure *six jours ;* 2° celui qui a reçu un courant un peu plus fort, mais moins énergique que les courants employés sur les deux suivants, devient rigide au bout de *deux heures*, et sa rigidité dure *trois jours ;* 3° celui qui a été soumis à un courant plus puissant que le second, mais moins fort que le courant appliqué au suivant, devient rigide au bout *d'une heure*, et la rigidité dure *vingt heures ;* 4° celui qui a été soumis au courant le plus fort devient rigide en *sept minutes*, et sa rigidité ne dure que *quinze minutes*.

Maintenant, si l'on tient compte de ceci, que la durée de la rigidité cadavérique se trouve, chez le troisième animal électrisé, quatre-vingt fois ce qu'elle est chez le quatrième, tandis que le courant n'a guère été que deux fois aussi fort dans le dernier cas que dans le précédent, n'est-il pas infiniment probable que l'action de la foudre, qui est considérablement supérieure à notre plus forte action électro-magnétique, devra réduire la rigidité cadavérique à une durée de quelques secondes au plus, ou même d'une minime fraction de seconde ? En outre, comme l'électro-magnétisme, en augmentant de force, hâte d'autant plus l'apparition de la rigidité, à ce point qu'entre les deux derniers cas cités, il y a la différence de sept à soixante minutes, ne doit-on pas admettre que la rigidité chez les individus foudroyés survient aussitôt après la mort ? Les convulsions ou mieux la roideur tétaniforme, si prodigieusement fortes et si promptement terminées, que la foudre engendre, ne doivent-elles pas être suivies immédiatement par une rigidité très faible et terminée incontinent ? S'il en est ainsi, Hunter et Himly ont eu tort sans doute de dire que la rigidité n'a pas lieu chez les individus foudroyés ; mais leur observation n'en est pas moins exacte : ils n'ont pas vu la rigidité et ils ne pouvaient pas la voir, puisqu'elle ne doit pas être observable. D'un autre côté, les auteurs qui ont nié la justesse de leurs observations se sont trompés aussi en affirmant que la rigidité devait exister, dans le cas en question, de manière à pouvoir être constatée comme après les autres cas de mort subite ou lente. Quant à l'expérience de Sommer, elle ne prouve rien, si ce n'est que les décharges électriques qu'il a employées étaient beaucoup moins puissantes que la foudre. De plus, si Sommer avait comparé la rigidité cadavérique du chien qu'il a tué par l'électricité avec la rigidité d'un chien tué par hémorrhagie ou par asphyxie, il aurait vu qu'elle survient plutôt chez le premier que chez le second, et il n'aurait pas dit que la rigidité survient tout aussi promptement qu'à l'ordinaire chez un chien tué par l'électricité.

Plus tard (*ib.*, p. 154), M. Brown-Séquard a rendu compte de nouvelles expériences confirmatives de sa manière de voir : 1° Un des membres postérieurs d'un lapin avait été soumis pendant une demi-heure à l'action d'un courant électro-magnétique énergique, et, aussitôt après, l'animal avait été tué. Deux heures et demie après, on pouvait constater, sur le train postérieur de ce lapin, que la rigidité cadavérique existait déjà dans le membre galvanisé, tandis que l'autre membre était encore tout à fait souple. Après deux heures de plus, la rigidité durait encore, mais elle avait beaucoup diminué dans le membre galvanisé, tandis qu'elle commençait à peine dans l'autre. Huit jours après, de ces deux membres, le premier était en pleine putréfaction, le second possédait encore la rigidité cadavérique. 2° Sur un autre lapin, on enlève les membres antérieurs, et l'on fait passer par l'un d'eux un courant électro-magnétique puissant. On constate que l'irritabilité musculaire diminue peu à peu, et l'on n'en trouve plus de traces au

à la coagulation du sang. Sommer juge cette explication inexacte, parce qu'une forte roideur se déclare quelquefois avant la coagulation du sang, ou quand cette coagulation est incomplète. Le sang demeure souvent liquide chez les noyés, où la rigidité cadavérique est considérable: il en est de même des hommes et des animaux que l'acide cyanhydrique a fait périr. Cependant Sommer reconnaît l'analogie des deux phénomènes: la coagulation est la mort du sang, et la roideur celle des muscles. Je ne pense pas que l'hypothèse de la production du phénomène par la coagulation du sang dans les petits vaisseaux soit réfutée. Nul doute que la coagulation du sang et de la lymphe, dans les capillaires sanguins et lymphatiques, ne doive accroître la cohésion des muscles, et tout se réduit à savoir si cette augmentation de cohésion suffit seule pour rendre raison des phénomènes de la rigidité. Quoiqu'il n'y ait pas moyen de prouver qu'elle est suffisante, cependant l'hypothèse explique très bien comment la coagulation du sang doit amener plus tard une diminution de la cohésion, qu'elle avait d'abord accrue. En effet, la coagulation du sang et de la lymphe est telle, d'abord, que la masse entière de ces liquides devient ferme et semblable à une gelée. Plus tard, et souvent même seulement au bout d'un laps de temps très long, le caillot fibrineux qui emprisonnait les parties liquides se resserre tellement, qu'il chasse le sérum de ses interstices. Dès que ce phénomène a eu lieu dans le sang et la lymphe coagulée des petits vaisseaux, la cohésion de toutes les parties doit diminuer. La coagulation du sang et de la graisse, après la mort des animaux à sang chaud, rend les parties plus cohérentes; mais la première seule contribue plus tard à faire disparaître l'excès de cohésion qu'elle avait d'abord déterminé, car la graisse conserve son état solide. Cependant je suis loin de regarder cette hypothèse comme absolument exacte, et d'y attacher mon nom; je veux seulement dire que l'état des choses semble donner à penser qu'elle pourrait être vraie, et que, si rien ne la démontre jusqu'à présent, rien non plus ne s'élève contre elle. Si l'on parvenait jamais à établir d'une manière certaine que la rigidité cadavérique dépend d'une contractilité physique des fibres musculaires mourantes, qui cesse au moment de la décomposition, le phénomène aurait plus d'analogie avec la contraction physique qui fait que la fibrine déjà coagulée se réduit en un corps plus petit et plus solide (1).

bout de dix minutes; la rigidité commence dès lors à se montrer, mais très faible. L'autre membre conserve encore l'irritabilité musculaire à un degré considérable. Au bout d'une demi-heure, la rigidité a disparu dans le membre galvanisé, tandis qu'elle n'existe pas encore dans l'autre. Elle n'y est survenue que quatre heures et demie après qu'elle eut cessé dans le membre galvanisé. Huit jours après, de ces deux membres, celui dont la rigidité n'avait duré qu'une demi-heure était dans un état de putréfaction très avancé; l'autre était encore rigide. 3° Un cochon d'Inde fut tué par l'électro-magnétisme; on continua, pendant dix minutes après sa mort, à faire passer le courant de la tête à l'anus; lorsqu'on l'interrompit, la roideur existait déjà dans les muscles du cou et dans ceux de la face, des mâchoires et du tronc. Deux minutes plus tard, la rigidité survint dans les membres. Au bout d'une demi-heure, les membres étaient redevenus souples. É. L.

(1) E. Bruecke (Muellen's *Archiv*, 1842, p. 178) a combattu l'hypothèse de Sommer quant à la cause de la roideur cadavérique. Il attribue ce phénomène à la coagulation de la fibrine qui arrive à la substance musculaire pour en opérer la nutrition. A la vérité, Wœhler n'a pas pu exprimer de fibrine des muscles; mais il avait opéré sur ces organes longtemps après la mort,

CHAPITRE IV.

Des causes du mouvement animal.

Lorsqu'on recherche les causes du mouvement des molécules organiques solides, il faut d'abord distinguer les mouvements de parties dépourvues de nerfs, et ceux qui ont lieu avec conflit entre le tissu contractile et le système nerveux. Les mouvements des plantes sont dans le premier cas, et peut-être aussi ceux de quelques parties non musculeuses des animaux.

Les premières traces de contractilité organique, à l'état le plus simple, nous sont offertes par les oscillaires, filets entrelacés dans lesquels on n'aperçoit aucune composition de structure, et qui consistent en des tubes pleins de petits grains disposés en lignes et serrés les uns contre les autres. A certaines époques du développement de la plante, ces petits grains sont chassés hors du tube, qui ne perd pas pour cela sa contractilité. J'ai observé au microscope les flexions lentes, mais prononcées, de ces filaments. La simplicité de la structure les rend d'une haute importance pour la théorie du mouvement organique. Lorsque les filaments commencent à se mouvoir, ils s'inclinent insensiblement et lentement vers l'un des côtés; puis, au bout de quelque temps, ils se redressent, et ensuite se penchent du côté opposé: les corpuscules qu'ils renferment demeurent dans un repos parfait. Comme ces mouvements ont lieu sans attraction de la part des filets voisins, et qu'on ne remarque ni circulation ni déplacement de liquide dans l'intérieur des tubes, il n'y a qu'une seule manière de les concevoir; on doit admettre que les molécules des parois du filament se rapprochent en vertu d'une excitabilité qui augmente tantôt d'un côté et tantôt de l'autre côté du filament, et que les parois de celui-ci se condensent alternativement d'un côté et de l'autre, ou qu'elles attirent plus d'eau, d'abord d'un côté, puis de l'autre, ce qui détermine en elles un état alternatif de gonflement et d'affaissement. L'idée d'une crispation, d'un frisement, ne se concilie nullement avec ce qu'on voit se passer sous les yeux.

Les mouvements spontanés et rhythmiques du sainfoin oscillant, qui ont lieu sans le concours d'aucun stimulus extérieur, nous offrent le même phénomène dans un végétal plus avancé quant à la structure. Ici également il faut que, par l'effet de causes internes, l'excitement s'accroisse tantôt d'un côté et tantôt de l'autre côté du tissu contractile de la base des pétioles, et que de là résulte ou un rapprochement des molécules, ou une turgescence alternative déterminée par des liquides intérieurs.

Dans les mouvements de la sensitive, cet excitement peut être aussi provoqué par des excitations du dehors, et tout porte à croire qu'il dépend de l'attraction des globules disposés en lignes dans le tissu cellulaire du bourrelet, globules qui, d'après Dutrochet, sont creux.

Le temps n'est point venu de rechercher les causes du mouvement vibratile des

et l'insuccès de ses tentatives ne prouve pas que la fibrine n'était point liquide encore à une époque moins avancée. Il faudrait donc répéter l'expérience sur les muscles d'un animal immédiatement après sa mort. (*Note du trad.*)

animaux, puisque nous ne connaissons pas même le mécanisme à l'aide duquel il s'accomplit. La seule chose dont nous soyons certains, c'est qu'il ne dépend point du système nerveux.

On peut rapprocher, jusqu'à un certain point, de ces mouvements, ceux qui ont lieu dans le tissu cellulaire ou dans le tissu contractile susceptible de se résoudre en colle, et qui succèdent si facilement aux irritations portées sur le tissu lui-même, notamment à l'action du froid ou du chaud et aux impressions mécaniques. Ceux-là ressemblent encore à ceux des végétaux, en ce sens que l'électricité n'excite ni les uns ni les autres : cependant ils ne sont plus tout à fait indépendants du système nerveux. La contractilité de la peau et du dartos n'est pas seulement mise en jeu par des irritations du dehors; elle l'est fréquemment aussi par des causes internes, qui résident dans le système nerveux. Le dartos se fronce souvent dans des cas où l'on ne peut méconnaître une irritation nerveuse dans les parties génitales, où le crémaster lui-même entre en action, et la crispation de la peau se manifeste fréquemment sous l'influence d'affections non moins patentes du système nerveux, par exemple avec frisson, c'est-à-dire à la fois comme sensation et comme mouvement musculaire. Cependant, parce que nous éprouvons un grand embarras dans des mouvements si difficiles à analyser, pour évaluer la part qui revient au système nerveux, notre attention se dirige tout entière vers les muscles, où le conflit de ce système avec le tissu contractile se manifeste de la manière la plus évidente. Le raccourcissement du tissu contractile susceptible de se réduire en colle est probablement dû à une sorte de crispation, effet elle-même de l'attraction mutuelle des particules aliquotes des fibres.

La faculté qu'ont les muscles de se contracter est unie par les liens les plus intimes à deux influences diverses, celle du sang et celle des nerfs.

Influence du sang.

Stenson a fait voir le premier que les muscles cessent leurs mouvements lorsque le sang, particulièrement le sang artériel, n'y afflue plus. On observe quelquefois ce phénomène, chez l'homme, après la ligature d'un gros tronc artériel; les muscles deviennent sourds, en totalité ou en partie, aux ordres de la volonté, jusqu'à ce que la circulation collatérale se soit peu à peu établie. Arnemann, Bichat (1) et Emmert ont constaté ce fait (2). Ségalas (3) et Longet (4) ont vu la ligature de l'aorte abdominale entraîner une telle faiblesse des membres postérieurs, qu'au bout de huit à dix minutes l'animal pouvait à peine les traîner après lui (5). On ne s'est point encore occupé de rechercher si la nécessité du sang dépend de ce qu'il

(1) *Anatomie générale.* Paris, 1812, t. III, p. 279.

(2) Treviranus, *Biologie*, t. V, p. 281.

(3) Magendie, *Journal de physiologie*, 1824, t. IV, p. 284.

(4) *Mém. sur les condit. nécess. à l'entretien et à la manifestation de l'irritabil. musculaire.* Paris, 1841. — *Consultez* aussi Engelhardt, *De vita musculorum observationes et experimenta.* Bonn, 1841.

(5) De plus, Longet s'est appliqué, dans ses expériences, à déterminer rigoureusement la durée de l'irritabilité musculaire dans les muscles qui ne reçoivent plus de sang artériel, et il a constaté que, chez des chiens adultes, cette durée moyenne était de deux heures et un quart dans les muscles de la jambe, après la ligature de l'aorte abdominale. (*Note du trad.*)

alimente la contractilité des muscles, ou de ce qu'il entretient l'influence des nerfs servant à la volonté (1). Treviranus adopte la première des deux hypothèses, se fondant sur ce que la division des troncs artériels des membres en un grand nombre de branches anastomosées ensemble, chez quelques animaux grimpeurs (*Bradypus*, *Lemur*), semble avoir pour but de mettre la circulation du sang à l'abri de tout dérangement pendant les efforts des muscles (2). Vraisemblablement le sang est nécessaire pour les deux objets; cependant il est certain que, même après la suspension totale de la circulation chez les animaux mis à mort et dans les membres séparés du corps, les nerfs sont encore susceptibles, quand on les irrite, de déterminer les muscles à se contracter, comme les muscles eux-mêmes sont aptes à le faire lorsque l'irritation agit immédiatement sur eux. La ligature d'une artère ne supprime pas l'influence tout entière du sang, puisqu'il existe encore une certaine quantité de ce liquide dans les plus petits vaisseaux de muscles; mais elle s'oppose à ce que de nouveau sang artériel afflue vers les muscles et les nerfs. Les expériences de Ségalas font voir aussi que la simple suspension de la circulation, déterminée par la ligature de la partie inférieure de la veine cave, diminue la force motrice. Il est donc certain que le sang artériel subit, dans les organes du mouvement, un changement qui, le rendant veineux, ne lui permet plus d'entretenir les facultés de ces organes comme il faisait auparavant, et que l'organe moteur ne conserve la plénitude de sa contractilité qu'à la condition de se trouver continuellement sous l'influence du sang artériel. C'est ce dont on acquiert d'ailleurs la preuve en considérant les phénomènes qui ont lieu dans les cas de cyanose, où la persistance du trou de Botal, celle du trou ovale, l'étroitesse de l'artère pulmonaire, etc., obligent les deux sangs de se mêler ensemble, ou ne permettent pas au sang artériel de se former complétement. Les sujets atteints de cette anomalie sont incapables de grands efforts musculaires. Chez les reptiles, l'influence du sang sur les nerfs et les muscles est moins nécessaire pour l'accomplissement des mouvements volontaires. Les grenouilles conservent l'influence de la volonté sur leurs muscles après qu'on leur a enlevé le cœur; elles meuvent même volontairement leurs membres amputés jusqu'aux nerfs exclusivement. J'ai trouvé les muscles d'un de ces animaux irritables encore après que j'eus chassé tout le sang des vaisseaux au moyen d'un courant d'eau poussé par les artères et revenant par les veines.

(1) *Cons.* à ce sujet le Mémoire de Longet sur l'irritabilité musculaire. — Erichsen (*Lond. med. Gaz.*, 1842, p. 561) a lié les vaisseaux coronaires du cœur chez des chiens et des lapins asphyxiés dont la respiration était entretenue par des moyens artificiels. L'action du cœur cessa bien plus vite que de coutume, savoir: terme moyen, 23 1/2 minutes après la ligature, et 32 après l'asphyxie. Quand la veine coronaire, demeurée ouverte, permettait au sang veineux de s'écouler, comme alors le cœur se vidait complétement de sang, il cessait de battre 12 minutes après la ligature et 18 après la mort. La ligature de l'aorte, qui faisait que le sang arrivait au cœur en bien plus grande abondance que de coutume, prolongeait la durée de ses battements, qui était alors de 82 minutes. (*Note du trad.*)

(2) Les réseaux admirables sont aussi communs dans des parties non musculeuses que dans des parties musculeuses. Parmi les premiers, on distingue celui de la carotide interne des ruminants, et celui qui a été découvert par Eschricht et moi à la veine porte du thon. Ce dernier est le plus considérable de tous.

Influence des nerfs.

Il faut bien distinguer l'action par laquelle les nerfs sollicitent les muscles à se mouvoir, de l'influence qu'ils exercent sur la conservation de leur aptitude à se contracter. Haller considérait la contractilité des muscles comme une propriété vitale à eux propre et indépendante des nerfs. Fontana, Sœmmerring, Bichat, Nysten et autres, l'ont imité en cela. Ce grand physiologiste enseignait que tous les stimulus qui agissent sur les muscles provoquent leur faculté contractile et n'ont pas besoin de l'intermédiaire des nerfs pour influencer les muscles, et que le stimulus nerveux n'est qu'une des nombreuses causes qui ont le pouvoir d'exercer sur eux une action excitante. Les preuves assignées par lui et par ses successeurs sont depuis longtemps ébranlées. Le cœur ne se meut pas indépendamment de toute influence nerveuse, et ses nerfs ne sont point, comme on le croyait jadis, insensibles aux irritations du dehors. Il se comporte exactement de même que d'autres muscles dépendants du grand sympathique. Le galvanisme n'est pas le seul agent qui le détermine à se contracter. Humboldt, Pfaff, Fowler et Wedemeyer s'en sont convaincus, ainsi que moi; Humboldt et Burdach sont parvenus à en changer les battements par des irritations dirigées sur les nerfs cardiaques. C'est au ganglion cœliaque que, d'après mes expériences, on voit le mieux ressortir l'influence motrice du grand sympathique sur les muscles organiques. Si, après avoir ouvert le ventre d'un lapin, on attend le moment où les mouvements péristaltiques, d'abord exaspérés par l'impression de l'air, commencent à se ralentir, et qu'alors on touche le ganglion cœliaque avec de la potasse caustique, on voit survenir, au bout de quelques secondes, des mouvements péristaltiques fort énergiques. L'opinion émises dans les derniers temps de sa vie par Scarpa, que le grand sympathique n'a aucune connexion avec les racines antérieures ou motrices des nerfs rachidiens, non plus qu'avec les nerfs cérébraux moteurs, est suffisamment réfutée aussi par mes propres recherches, ainsi que par celles de Wutzer, de Retzius et de Mayer. De tout cela, il ne résulte cependant qu'une seule chose, c'est que les nerfs du cœur sont tout aussi conducteurs de l'influence motrice que ceux d'autres muscles, et la question de savoir s'ils sont nécessaires pour le maintien de la contractilité de l'organe n'en demeure pas moins sans solution.

D'autres physiologistes, comme Whytt, A. Monro, Prochaska, Legallois, Reil, se sont élevés contre la doctrine de Haller, et ont soutenu que la force motrice dépend du conflit avec les nerfs. Dans ce cas, la contractilité des muscles différerait essentiellement de celle des végétaux, qui, sans nul concours de nerfs, est excitée immédiatement par les stimulants extérieurs. Ces physiologistes se fondent sur ce que les nerfs, quand on les irrite, déterminent le mouvement des muscles, que les narcotiques, dont l'action porte de préférence sur les nerfs, annihilent la contractilité musculaire, et que la destruction du cerveau et de la moelle épinière diminue cette propriété. Il faut cependant avouer que ces preuves ne sont point concluantes. Les muscles demeurent irritables, après la destruction du cerveau et de la moelle épinière, aussi longtemps que leur irritabilité survit à la mort générale, et l'empoisonnement d'un animal par les narcotiques n'anéantit que l'influence du cerveau et de la moelle épinière sur les muscles. L'irritabilité des nerfs et des muscles est si peu abolie chez les grenouilles, après cet empoisonnement, que c'est

précisément sur eux qu'il m'a été possible d'observer le plus longtemps les phénomènes auxquels donne lieu leur mise en contact avec des irritants.

Treviranus a pris un terme moyen. Entraîné par l'analogie des plantes qui possèdent l'irritabilité par l'influence de la lumière, mais qui sont cependant encore excitables par d'autres stimulants, il croit que les nerfs sont la condition de l'irritabilité musculaire, mais que tous les irritants n'ont pas besoin de leur intermédiaire pour agir sur les muscles.

Tiedemann pense (1), avec Haller, que la faculté de se contracter est une puissance toute spéciale, inhérente aux muscles, mais que son maintien dépend de la nutrition et de l'influence nerveuse, ce qui est aussi l'opinion de Longet, et il enseigne que les nerfs, outre qu'ils servent de conducteurs aux irritants pour déterminer la contraction musculaire, doivent encore fournir aux muscles une condition essentielle à la manifestation de leur mode propre de vitalité. Cette condition consiste en ce que les nerfs musculaires communiquent aux muscles l'aptitude à être affectés par les stimulants, ou en ce que les excitations qui sollicitent les muscles agissent d'abord sur les nerfs, et ne provoquent la contraction que comme conséquence de cette action primitive.

La question embrasse donc deux problèmes totalement différents : 1° Les nerfs sont-ils nécessaires pour que l'aptitude des muscles à se contracter subsiste, en tant que propriété vitale propre à l'organe, et cette propriété se trouve-t-elle anéantie après la destruction de l'influence nerveuse? 2° Les nerfs sont-ils les conducteurs à travers lesquels tous les irritants agissent sur les muscles, et les irritations dirigées en apparence sur les muscles seulement n'ont-elles d'efficacité qu'en raison des branches nerveuses qui se répandent dans ces organes? On peut répondre affirmativement à la première de ces deux questions, sans que la même réponse soit faite à la seconde; mais il est impossible d'accorder le second point et de nier le premier.

1° Les nerfs sont-ils nécessaires pour que les muscles conservent leur aptitude à se contracter sous l'influence des irritations, comme propriété vitale qui les caractérise? Nysten avait observé que, peu de temps après une attaque d'apoplexie, les muscles, malgré la paralysie cérébrale, se contractent encore quand on les irrite avec l'électricité, et Wilson, s'appuyant sur B. Brodie, prétendait plus encore, qu'un nerf dont la communication avec le cerveau et la moelle épinière est interrompue, conserve pendant longtemps la faculté de recevoir les stimulants pour l'excitation du mouvement volontaire (2). J'avais quelques raisons de présumer que cette durée de réceptivité est très limitée quand le nerf ne se reproduit pas. Plusieurs expériences que j'ai faites avec Sticker ont répandu du jour sur ce sujet (3). Le nerf sciatique fut coupé sur deux lapins et un chien, et la réunion des bouts empêchée par l'excision d'un grand lambeau. Deux mois et trois semaines après l'opération, on observa, chez le premier lapin, que la partie inférieure du muscle, excitée par le galvanisme d'une simple paire de plaques, ne déterminait pas la moindre trace de convulsions dans les muscles de la jambe et de la patte; mais les muscles avaient totalement perdu aussi leur aptitude à ressentir l'action de la simple paire

(1) *Traité de physiologie de l'homme*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1831, t. II, p. 779.
(2) *Philos. Trans.*, 1833, p. I, 62.
(3) Muller's *Archiv*, 1834, p. 202.

de plaques et les irritations mécaniques, tandis que cette faculté subsistait, sans nulle altération, dans le nerf de la cuisse saine et les muscles auxquels il se distribuait. Chez le chien, au bout de deux mois et demi, la partie inférieure du nerf coupé était insensible à l'électricité de la chaîne simple et aux irritations mécaniques; mais les muscles auxquels elle aboutissait montraient quelques légères traces de contraction quand on les irritait mécaniquement; les mêmes irritations, portées sur les nerfs ou sur les muscles seulement de la patte saine, donnaient lieu aux contractions les plus violentes. Sur le second lapin, le nerf avait perdu, au bout de cinq semaines, toute sensibilité au galvanisme, aux irritations mécaniques et à l'action de la potasse caustique; il n'y avait non plus aucun vestige de contractilité dans les muscles de ce côté, tandis que ceux du côté opposé se contractaient avec vigueur. Ces expériences démontrent donc, non seulement que le pouvoir en vertu duquel les nerfs déterminent les muscles à agir est aboli après la destruction de toute communication entre eux et les parties centrales du système nerveux, mais encore que les muscles eux-mêmes perdent leur irritabilité après une si longue paralysie des nerfs. Cependant elles auraient donné un résultat plus décisif, si, au lieu d'une simple paire de plaques, on avait employé une petite pile galvanique pour essayer l'irritabilité des nerfs et des muscles. Alors seulement il eût été possible de distinguer avec précision si la puissance des muscles était complétement éteinte dans deux des cas. Cependant les expériences prouvent d'une manière assez péremptoire que l'irritabilité des muscles ne survit pas longtemps à la perte de celle des nerfs (1).

(1) Dans une note intitulée : *De l'influence du système nerveux, du galvanisme, du repos et de l'action sur la nutrition des muscles* (*Comptes rendus de la Société de biologie*, t. I, 1849, p. 195), M. Brown-Séquard a examiné si l'atrophie qui survient dans les membres paralysés, consécutivement à la section des nerfs, est due au défaut de l'action nerveuse ou bien à une autre cause. J. Reid rapporte à ce sujet l'expérience suivante : Il coupa les racines des nerfs des deux membres postérieurs sur des grenouilles, et il fit passer chaque jour, le long de ces deux membres, un faible courant galvanique. Au bout de deux mois, il trouva que les membres galvanisés avaient conservé leur volume, et que la contraction musculaire y avait lieu avec énergie, tandis que les autres membres étaient atrophiés de moitié et que leurs muscles se contractaient faiblement. J. Reid pense que ce n'est pas parce que la nutrition des muscles a directement besoin pour s'opérer de l'action nerveuse, que les muscles s'atrophient après la section de leurs nerfs, mais que c'est l'état de repos, d'inaction des muscles, qui produit le trouble de leur nutrition. On serait fondé à croire qu'il a raison, si son expérience avait été faite sur des mammifères. Pratiquée sur des batraciens, elle prête le flanc à la critique. En effet, comme, chez ces derniers animaux, les nerfs des membres postérieurs, après la section de leurs racines, n'en conservent pas moins, en général, leur faculté d'agir sur les muscles, on pourrait dire que le galvanisme n'a maintenu les muscles dans leur état normal de nutrition qu'en excitant l'action de leurs nerfs. Il fallait donc, pour se mettre à l'abri de cette objection, opérer sur des animaux dont les nerfs coupés ont perdu toute faculté d'agir sur les muscles. A cet effet, M. Brown-Séquard a expérimenté sur des mammifères, animaux sur lesquels le nerf sciatique coupé perd, au bout de quelques jours, ainsi que l'ont découvert Haighton et Astley Cooper, sa faculté d'agir sur les muscles. Il a réséqué les deux nerfs sciatiques sur plusieurs lapins ; chaque jour, après l'opération, il a fait passer par une des deux jambes de chaque animal un courant galvanique. Au bout de six semaines, il a reconnu que les membres dont les muscles avaient été mis en action chaque jour étaient à l'état normal, tandis que les autres étaient notablement atrophiés et leurs muscles fort peu contractiles.

Il a voulu aller plus loin et il a fait l'expérience très significative que voici : Deux mois après

2° Les nerfs sont-ils seulement les conducteurs à travers lesquels toutes les irritations passent pour arriver jusqu'aux muscles?

Les arguments suivants démontrent que les choses se passent ainsi.

a. Les irritations qui, appliquées aux muscles eux-mêmes, les déterminent à se mouvoir, sont les mêmes qui, portées sur les nerfs, excitent les muscles à se contracter. A la vérité, j'ai observé souvent une différence, consistant en ce que les acides minéraux et l'alcool, mis en contact avec les nerfs, ne provoquaient point de convulsions, tandis qu'ils en déterminaient lorsqu'on les appliquait aux muscles eux-mêmes. Mais cette différence paraît ne point être constante. Humboldt a

avoir reséqué un des nerfs sciatiques sur des lapins, il a constaté une notable atrophie des membres paralysés, et une diminution considérable de leur contractilité. Alors il se mit à galvaniser ces membres, et continua de le faire journellement pendant six semaines. Déjà, au bout d'un mois, ces membres paraissaient redevenus aussi gros que les membres postérieurs sur lesquels le nerf sciatique n'avait pas été coupé. Au bout de six semaines, il trouva, après avoir tué ces animaux et mis à nu les muscles des jambes, la contractilité également forte dans le côté paralysé et le côté intact chez chaque animal; elle y dura le même temps, et la rigidité cadavérique y survint simultanément. En pesant les deux jambes comparativement pour chacun des individus, il trouva qu'elles avaient sensiblement le même poids.

Les membres paralysés déjà atrophiés peuvent donc regagner leur volume normal et leur degré ordinaire de contractilité, malgré l'absence de l'action nerveuse. Mais s'ensuit-il que le galvanisme maintienne ou régénère l'organisation normale, uniquement parce qu'il met les muscles en action? M. Brown-Séquard n'oserait l'affirmer. Au contraire, il croit très possible qu'en outre de cette manière d'agir, le galvanisme active directement aussi les changements chimiques qui constituent la nutrition. Quoi qu'il en soit, les contractions musculaires excitées par le galvanisme sont si propres à faire grossir les muscles, que, dans un cas d'atrophie des muscles du membre inférieur chez un jeune homme, vigoureux d'ailleurs, il y a eu, dans l'espace de six jours, sous l'influence d'une galvanisation extrêmement énergique, une augmentation de 2 centimètres et demi au mollet, et de 5 centimètres à la partie supérieure de la cuisse. La circonférence du mollet, qui était de 28 centimètres et demi, atteignit 31 centimètres; celle de la cuisse, qui était de 37 centimètres, arriva à 42 centimètres. Le galvanisme, appliqué chaque jour après ce changement si rapide, continua de déterminer l'augmentation de volume du membre, mais avec beaucoup moins de rapidité, et d'autant moins que le volume du membre approchait de celui de l'autre membre inférieur, qui était sain. Au bout de six semaines de traitement par le galvanisme, appliqué pendant une heure chaque jour, il ne paraissait plus y avoir de traces de paralysie, et tous les mouvements eussent sans doute été possibles, s'il n'avait existé une tumeur de l'articulation du genou, qui avait causé la paralysie et qui persistait. Le mollet avait presque le même volume que celui de l'autre membre; il avait gagné près de 4 centimètres en circonférence; la cuisse, à sa partie supérieure, avait gagné, aussi en circonférence, environ 10 centimètres.

Si les muscles peuvent être maintenus ou ramenés à l'état normal par une galvanisation répétée chaque jour, il serait très utile d'employer cet agent d'excitation dans des cas de paralysie où, jusqu'ici, on n'en avait pas fait usage pour le but particulier qui va être indiqué. Dans des cas d'hemiplégie ou de paraplégie dues à une lésion des centres nerveux, susceptible de guérison; dans des cas aussi de lésion des troncs nerveux, pouvant se terminer par une régénération nerveuse, il pourrait arriver que le système nerveux ne retrouvât son pouvoir d'agir sur les muscles que lorsque ceux-ci seraient déjà tellement atrophiés, que l'innervation motrice fût impuissante à y déterminer des contractions. On conçoit que, si, dans de pareils cas, on avait employé le galvanisme, non pas pour combattre la cause de la paralysie, mais pour empêcher les muscles de s'atrophier, ils se seraient trouvés prêts à obéir à l'innervation motrice le jour où celle-ci serait redevenue possible.

Il faut multiplier les expériences sur les lapins pour pouvoir obtenir les résultats signalés ci-dessus: la résection du nerf sciatique amène, chez beaucoup de ces animaux, une inflammation

occasionné un mouvement tremblotant dans les muscles par l'alcool, le chlore, l'arsenic blanc et même des sels métalliques appliqués sur les nerfs. Bischoff et Windischmann ont vu aussi quelquefois les acides minéraux, mis en contact avec les nerfs des grenouilles, faire naître des convulsions.

b. Les substances qui enlèvent aux muscles leur irritabilité détruisent aussi celle des nerfs. Quoique les narcotiques, quand ils pénètrent dans le torrent de la circulation, et tuent par atteinte portée au cerveau et à la moelle épinière, n'abolissent pas immédiatement l'irritabilité des muscles et des nerfs, puisque ces organes, chez les grenouilles ainsi mises à mort, demeurent encore pendant longtemps irritables, cependant l'application locale des narcotiques sur les nerfs et les muscles entraîne la perte de l'irritabilité dans tous les points de ces parties avec lesquels la substance entre en contact. Des nerfs plongés dans une dissolution d'opium perdent l'irritabilité dans toute la partie immergée, tandis qu'ils la conservent entre celle-ci et le muscle. Traités de même, les muscles sont frappés de mort dans toute l'étendue mise en rapport avec la liqueur opiacée. Cette identité d'action des narcotiques sur les nerfs et sur les muscles rend probable que c'est en anéantissant l'irritabilité des nerfs musculaires qu'ils détruisent l'aptitude des muscles à ressentir l'influence des stimulus.

c. Humboldt mit à découvert et coupa les nerfs de parties musculeuses, jusqu'aux plus petites branches, sur la partie supérieure de cuisses de grenouille, ou sur des nageoires de poisson; ces organes ne furent plus sensibles ensuite à l'irritation galvanique.

d. Des décharges électriques violentes, soit sur les muscles, soit sur les nerfs seulement, détruisent très promptement, au dire de Tiedemann, la faculté qu'ont les muscles de se contracter par l'influence des irritations du dehors.

e. On peut également citer ici la différence que j'ai observée dans la manière dont les nerfs sensitifs et moteurs, irrités galvaniquement et mécaniquement, se comportent à l'égard des muscles qui reçoivent d'eux des ramifications. Je n'ai pu exciter de convulsions ni dans les muscles de la langue par le nerf lingual, ni dans ceux du museau par le nerf sous-orbitaire. On voit donc que la seule influence nerveuse, en général, n'égale pas les autres irritations pour l'excitation des contractions musculaires, et qu'il faut, pour déterminer cet effet, celle, toute spéciale, d'une classe particulière de nerfs.

et surtout une suppuration si considérables, qu'il devient impossible de faire sur eux les expériences indiquées ci-dessus.

De tout ce qui précède il suit :

1° Que les muscles paralysés peuvent conserver leur contractilité et ne pas s'atrophier, si on les soumet journellement à l'action du galvanisme ;

2° Que les muscles atrophiés, ayant déjà notablement perdu de leur contractilité, peuvent sous l'influence de la galvanisation, revenir à leur état normal, quant au volume et à la contractilité, malgré l'absence persistante et complète de l'action nerveuse ;

3° Que le galvanisme peut remplacer l'action nerveuse, soit pour maintenir, soit pour rétablir la nutrition des muscles;

4° Qu'il serait important, dans beaucoup d'hémiplégies et d'autres paralysies, de maintenir les muscles à l'état normal, par des galvanisations fréquentes, non pas pour combattre la cause de la paralysie, mais pour que les muscles demeurassent prêts à obéir à l'innervation motrice le jour où celle-ci viendrait à se rétablir. É. L.

f. Enfin, l'extinction de l'irritabilité des muscles après la paralysie prolongée de leurs nerfs coupés, dont on a empêché la reproduction, démontre aussi, et peut-être plus péremptoirement qu'aucune autre preuve, que l'intégrité des nerfs qui se répandent dans les muscles est nécessaire à l'excitation de ceux-ci, et que les muscles ne sont point accessibles par eux-mêmes aux irritations. Quelque positif que semble être ce résultat, la faculté de se contracter ne peut néanmoins être qu'une propriété inhérente aux muscles, et Tiedemann fait remarquer avec raison que les nerfs vivants ne sauraient leur communiquer une force qu'ils n'auraient point par eux-mêmes. Mais l'aptitude à se contracter, inhérente aux muscles, suppose le concours des nerfs pour sa manifestation, et la décharge d'un agent impondérable, partant des nerfs, est tout aussi nécessaire pour déterminer les fibres primitives des muscles à rapprocher leurs parties, petites et grandes, les unes des autres, que cette attraction l'est pour opérer le raccourcissement (1). J'ai déjà dit, dans le chapitre précédent, quelles sont les espèces d'attraction qui ont lieu dans les muscles imprégnés de l'agent nerveux. Mais ce qui donne le mieux une idée de la force avec laquelle l'attraction doit s'exercer entre les angles des fibres musculaires courbées, c'est l'aptitude qu'ont les muscles vivants, dans l'état de contraction, à résister à la plus grande distension, tandis qu'après la mort, lorsque leurs molécules ont perdu le pouvoir de s'attirer, ils se déchirent avec une extrême facilité (2).

(1) Longet est le premier expérimentateur qui ait songé à isoler les nerfs du sentiment de ceux du mouvement, à l'effet de rechercher l'importance relative de leur action sur l'*irritabilité* de la force musculaire. Il a constaté, en suivant cette voie nouvelle, que, *même trois mois après l'extinction de toute force nerveuse motrice*, la fibre charnue révèle encore toute son irritabilité sous une influence même purement mécanique, mais immédiate, ce qui permet d'établir que la décharge d'un agent impondérable *partant des nerfs moteurs* n'est pas nécessaire à la manifestation de cette propriété, et que le stimulus spécial transmis par les nerfs de cette classe aux organes musculaires n'est qu'une des nombreuses causes excitatrices de leur irritabilité. Longet cite, à l'appui de ces expériences, des preuves pathologiques recueillies sur l'homme. Toutefois il fait remarquer que, *six semaines* après la suppression des seuls nerfs de sentiment, l'irritabilité musculaire lui ayant déjà paru très notablement diminuée, par lésion de la nutrition, on ne peut regarder cette propriété comme indépendante de l'action nerveuse en général. La conclusion qu'il a tirée de ses recherches est la suivante (*Anat. du syst. nerv.*, t. I, p. 61, 69) : « L'irritabilité est une force inhérente aux *muscles vivants*. Si, quoique assurément indépendante » des nerfs moteurs, l'irritabilité musculaire réclame pour son entretien le concours d'un autre » ordre de nerfs (*sensitifs* ou *organiques*) et celui du sang artériel, j'espère avoir démontré » que ces deux conditions sont nécessaires, non pour donner ou communiquer aux muscles la » force ou la propriété dont il s'agit, mais seulement pour y entretenir la nutrition, sans laquelle » toute propriété vitale disparaît dans un organe quelconque. »

(2) M. Brown-Séquard a employé la contraction induite pour expliquer la sensibilité récurrente. M. Matteucci a découvert il y a quelques années, que la contraction d'un muscle sur lequel repose un nerf allant à un autre muscle, occasionne une contraction dans ce dernier. Il appelle *induite* la contraction de ce dernier muscle. M. Dubois-Reymond appelle cette contraction *secondaire* ou *dérivée* : 1° La contraction induite ou secondaire est extrêmement faible quand le muscle inducteur se contracte sans rencontrer de résistance, comme cela a lieu après la section de son tendon ; 2° il n'est pas nécessaire qu'un muscle se contracte pour produire une contraction induite ou secondaire dans un autre muscle : il suffit pour cela que le muscle inducteur *tende* à se contracter, ce qui a lieu quand on l'excite après avoir fixé ses extrémités ; 3° plus un muscle se contracte ou tend à se contracter avec énergie, plus la contraction induite qu'il occasionne est forte ; 4° lorsqu'un muscle possède une irritabilité très grande, qu'il soit en

Nous ne savons encore rien de la manière dont s'exerce le conflit entre les nerfs et les muscles pendant la contraction. Prevost et Dumas (1) disent avoir observé que les ramifications déliées des nerfs marchent en travers sur les faisceaux des fibres musculaires, et cela précisément aux endroits où, quand celles-ci se contractent, correspondent les angles de leurs flexions en zigzag, de manière que les parties du muscle sur lesquelles passent les nerfs seraient les points vers lesquels les autres se trouveraient attirées, et qui aussi s'attireraient réciproquement. Ils croient encore avoir remarqué que les nerfs forment ainsi des anses, et que les fibres nerveuses descendent d'un côté dans ces anses, pour remonter de l'autre dans le tronc. Schwann a examiné la manière dont les nerfs se comportent dans les muscles; il a employé pour cela les muscles latéraux du ventre de la grenouille; là, en effet, il est possible d'obtenir une couche musculaire tellement mince qu'avec un grossissement de quatre cent cinquante diamètres, on a encore assez de lumière pour distinguer tout avec netteté. Mais un grossissement de cent diamètres est suffisant. Voici ce que Schwann a observé : le tronc nerveux qui pénètre dans le muscle envoie de nombreux faisceaux, qui ne tardent pas à se diviser en d'autres plus petits, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'ils se trouvent réduits aux fibres primitives. Les petits faisceaux et les fibres primitives isolées se détachent souvent de leur tronc sous des angles droits. Dans leur trajet, les faisceaux et même la plupart des fibres primitives isolées s'accolent très fréquemment à d'autres faisceaux, et surtout à ceux qui suivent la même direction, parfois cependant aussi à d'autres qui marchent en sens inverse. Cette circonstance n'a pas

contraction ou en repos, il suffit de le tirailler dans le sens de sa longueur, pour qu'il agisse sur un nerf musculaire en contact avec lui, et produise conséquemment dans le muscle animé par ce nerf une contraction induite ; 5° les nerfs de la sensibilité, ainsi que l'a vu M. Matteucci, lorsqu'ils sont placés sur un muscle, en reçoivent une excitation au moment de sa contraction, comme les nerfs moteurs ; 6° les nerfs de sensibilité qui se ramifient dans l'intérieur d'un muscle en contraction, reçoivent une excitation tout comme les nerfs sensibles ou moteurs placés extérieurement sur ce muscle ; 7° l'intensité de l'excitation des nerfs sensibles, à l'intérieur ou à l'extérieur d'un muscle en contraction, est soumise aux mêmes lois que l'intensité de l'excitation des nerfs moteurs.

De ces faits, M. Brown-Séquard tire une explication simple de plusieurs phénomènes physiologiques et pathologiques, considérés jusqu'ici comme bizarres et inexplicables. Tels sont les douleurs dans la fissure à l'anus, certains cas de contracture douloureuse, les douleurs utérines. En ces circonstances, le muscle, se contractant alternativement avec énergie, produit sur les nerfs une excitation très douloureuse.

Le fait si singulier en apparence qu'a découvert M. Magendie, et auquel il a donné le nom de sensibilité récurrente, s'explique par les expériences qui montrent qu'en se contractant, les muscles excitent les nerfs sensibles ramifiés dans leur intérieur ou en contact avec leur surface. C'est donc parce que les racines antérieures sont motrices que l'on cause de la douleur en les excitant ; en d'autres termes, c'est parce qu'elles font contracter très vivement les muscles dans lesquels elles envoient des fibres, et que cette contraction produit de la douleur. C'est donc, non parce qu'elles sont sensibles, mais, encore une fois, parce qu'elles font contracter les muscles, que l'on occasionne de la douleur en les excitant, pourvu que les racines postérieures correspondantes soient intactes. Ce que M. Magendie nomme sensibilité récurrente n'a donc plus rien qui puisse étonner. Ce qui serait étrange, ce serait que l'excitation d'une racine antérieure ou motrice, en produisant une contraction musculaire énergique, ne produisit pas, *ipso facto*, de la douleur (*Société de biologie*, 1850 ; *Gaz. méd.*, 1851, p. 209). É. L.

(1) Magendie, *Journal de physiologie*. Paris, 1823, t. III, p. 301.

permis de décider s'il y a réellement quelques fibres qui, décrivant une anse, retournent dans le tronc. L'annexion des fibres et des faisceaux est si fréquente, qu'elle donne au muscle l'apparence d'être entrelacé dans un réseau fort irrégulier de nerfs ; mais les filaments nerveux qui constituent ce réseau n'ont pas de position déterminée par rapport aux faisceaux musculaires. Schwann a quelquefois observé la disposition suivante : un faisceau nerveux contenant peu de fibres primitives, quatre par exemple, marchait en travers sur les faisceaux musculaires ; une fibre nerveuse primitive s'en détachait d'abord, à angle droit, entre deux des plus minces faisceaux musculaires ; puis une seconde passait, également à angle droit, entre le second des faisceaux musculaires précédents et un troisième situé tout à côté, une troisième entre ce troisième et un quatrième voisin, et il n'y avait que la quatrième fibre nerveuse restante qui s'unît avec les autres faisceaux nerveux. Chacune des fibres isolées marchait alors parallèlement aux faisceaux musculaires dans une certaine étendue, puis disparaissait, sans qu'il fût possible de dire ce qu'elle devenait. Il serait possible qu'elle se divisât en filets beaucoup plus grêles, qui s'unissent ensemble en manière de réseau. Du moins Schwann a-t-il remarqué cette disposition dans une partie non musculeuse pourvue par le nerf grand sympathique, dans le mésentère de la grenouille et du *Bufo igneus*. Les fibres qui forment ici le réseau sont infiniment plus déliées que les fibres primitives ordinaires. Ce qui prouve qu'elles étaient réellement nerveuses, c'est leur ressemblance avec les fibres plus grosses d'où elles émanaient. Mais ces fibres plus fortes du mésentère, même lorsqu'elles avaient le volume des fibres primitives ordinaires, laissaient apercevoir des traces confuses de texture fibreuse dans leur intérieur, absolument comme si les filets très grêles qu'elles fournissaient eussent été déjà préformés en elles. Ici on se demande si cette structure élémentaire si délicate des fibres nerveuses n'a commencé qu'à leurs extrémités périphériques, puisqu'on n'aperçoit rien de semblable dans les fibres nerveuses primitives ordinaires, telles qu'on les observe en examinant un nerf quelconque au microscope.

La théorie du mouvement musculaire que Prevost et Dumas ont proposée repose sur le fait observé par ces physiciens, que les fibres nerveuses coupent transversalement les faisceaux musculaires là où se trouvent les angles des réflexions en zigzag, et sur la supposition que les anses obliques de ces fibres s'attirent réciproquement, d'où résulte le raccourcissement des fibres musculaires. Déjà, en essayant de répéter les observations de Prevost et Dumas sur de petits faisceaux musculaires vivants, on voit que, pour ce qui concerne la coïncidence de fibres nerveuses transversales avec les angles de flexion des fibres musculaires, ce n'est point aux fibres primitives des nerfs qu'il faut songer, mais seulement à des faisceaux entiers de fibres nerveuses. Car il n'y a pas possibilité d'apercevoir les fibres primitives des nerfs sur un faisceau musculaire assez volumineux pour qu'on puisse y déterminer des contractions en l'irritant : on ne parvient à les poursuivre dans les muscles qu'en coupant la substance musculaire par tranches extrêmement minces, qu'on examine au microscope composé. En outre, les figures données par Prevost et Dumas prouvent clairement qu'ils n'ont fait usage que de la loupe. Leur théorie ne part donc point de l'action réciproque ou du conflit des éléments des muscles et de la substance nerveuse. Ils supposent, en outre, un courant électrique dans

les nerfs, et avouent cependant n'en avoir jamais pu découvrir aucune trace à l'aide du galvanomètre. Quand on a en vue de démontrer des courants électriques dans les nerfs à l'aide du galvanomètre, il ne faut pas appliquer les fils de l'instrument à la fois au nerf et au muscle; car une chaîne de substances hétérogènes, telles que nerf, muscle et métal, suffisant déjà pour développer de l'électricité, le galvanomètre décèlerait, dans une pareille expérience, non point l'électricité qu'on suppose agir dans les nerfs, mais celle qui aurait été produite par la chaîne. On doit donc appliquer les fils conducteurs seulement à un nerf en communication avec l'axe cérébro-rachidien, et observer l'aiguille pendant les contractions musculaires. La déviation ayant lieu, on serait autorisé à regarder l'agent incitateur transmis par le nerf comme de nature électrique, surtout si, comme le dit Longet (1), en renversant le courant, c'est-à-dire en le faisant passer, dans le fil du galvanomètre, en sens opposé à celui qu'il avait suivi dans le premier cas, on obtenait aussi une déviation de l'aiguille opposée à la première : car on sait qu'un courant électrique, étant supposé partir du pôle positif pour se rendre au pôle négatif d'une pile, fait tourner l'aiguille aimantée de manière à la mettre en croix avec lui, le pôle austral à gauche; si donc le sens de la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre indique celle du courant qui circule dans le fil, en renversant ce courant, on renverse aussi la direction de l'aiguille. Prevost et Dumas ont, il est vrai, procédé de cette manière en examinant le nerf de la paire vague d'animaux bien portants, et les plexus sciatiques d'un animal en état de tétanos; mais le galvanomètre ne leur a montré aucun indice appréciable d'électricité. Je n'ai pas été plus heureux qu'eux en répétant l'expérience. Pour expliquer l'insensibilité du galvanomètre, et répondre à l'objection qui résulte de là contre leur théorie électrique du mouvement musculaire, Prevost et Dumas disent qu'il est probable qu'il y a dans les nerfs deux courants galvaniques, l'un ascendant, l'autre descendant, qui se neutralisent de manière à détruire tout effet électro-magnétique. Ils assimilent les deux courants à ceux qui parcourent en sens inverse les bras du galvanomètre, et les muscles à l'aiguille aimantée éprouvant l'influence de deux courants opposés. On voit que, quelque ingénieuse que soit cette idée, elle manque néanmoins de base expérimentale. Si elle est déjà très hasardée, la manière dont Prevost et Dumas essaient de réduire l'action du feu et des influences chimiques sur les nerfs des muscles à un phénomène d'électricité l'est encore bien davantage. J'ai déjà fait connaître et apprécier à leur juste valeur, dans la physique des nerfs, les arguments qu'ils allèguent à l'appui de cette hypothèse. Enfin, il faut prendre en considération que, d'après leur théorie, l'attraction mutuelle des anses nerveuses contenues dans les muscles est la cause du raccourcissement, et que la masse du muscle est regardée comme une chose purement accessoire. A la vérité, on pourrait faire disparaître cette objection en modifiant l'hypothèse, et admettant que les muscles sont constamment chargés d'une des électricités, et que l'autre leur est amenée par les nerfs, ce qui détermine leurs fibres à se rapprocher des anses nerveuses. Mais, en agissant ainsi, on renoncerait à l'un des éléments de l'explication donnée par Prevost et Dumas, celui qui est tiré de la comparaison des fibres musculaires avec des corps magnétiques; on n'aperçoit pas non plus pourquoi une attraction devrait s'exercer

(1) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 133.

entre les fibres musculaires et nerveuses chargées d'électricités différentes, et pourquoi les courants ne se neutraliseraient pas, comme dans d'autres parties animales, sans solliciter les molécules à s'attirer réciproquement.

Les mêmes objections s'élèvent contre l'hypothèse qu'a proposée Meissner (1). Suivant cet auteur, le fluide dont il suppose les nerfs remplis s'écoule dans les muscles, forme des atmosphères électriques autour de chacun des atomes dont l'application bout à bout donne naissance aux fibres musculaires, écarte ainsi, dans leur milieu, ces fibres qui se trouvent fixées à leurs deux extrémités, et donne lieu par là au raccourcissement, absolument de même que quand on enfile plusieurs balles de moelle de sureau à la suite les unes des autres, qu'on unit plusieurs de ces fils ensemble par les bouts, et qu'on électrise le tout : en le suspendant au conducteur de la machine électrique, on le voit se raccourcir par l'effet de l'écartement des fils. Cette explication ne conviendrait pas à la flexion en zigzag des fibres musculaires; elle s'appliquerait mieux aux divisions transversales que j'ai observées dans les petits faisceaux primitifs chez les insectes, puisque ces faisceaux se dilatent un peu et deviennent ventrus à l'endroit des divisions transversales. Du reste, elle ne différerait pas essentiellement de la précédente. Dans celle-ci, les muscles en repos seraient déjà constamment chargés d'électricité positive ou négative, et le mouvement tiendrait à ce qu'un courant électrique opposé venant à émaner des nerfs, les deux courants se neutraliseraient dans les muscles ; suivant la seconde hypothèse, qui suppose un état électrique des nerfs, l'état inverse devrait se constituer de lui-même dans les muscles, d'après les lois générales de la distribution de l'électricité. Les deux théories rencontrent une insurmontable difficulté dans la remarque précédemment faite, qu'on ne conçoit pas pourquoi, au moment de la réunion des deux courants, celui des nerfs et celui des muscles, les extrémités périphériques des nerfs et les fibres musculaires devraient s'attirer mutuellement, ou pourquoi, suivant l'opinion de Meissner, les fibres primitives devraient s'écarter les unes des autres. En effet, pour que l'électricité détermine des molécules à se mouvoir les unes vers les autres, il ne suffit pas que celles-ci soient électrisées ; sont-elles animées d'une électricité inverse, mais non isolées, les courants se réuniront, mais les molécules demeureront immobiles. Des morceaux de papier ne sont attirés par le succin frotté que parce qu'à l'état sec ils ne sont conducteurs qu'à moitié. Au voisinage du succin ou de la cire à cacheter, qu'on a frottés, l'électricité inverse se développe par suite de la décomposition du fluide primitif. Les deux électricités tendent à se réunir, et le papier est attiré vers le corps plus pesant que lui, parce qu'il enchaîne jusqu'à un certain point l'électricité, tant que la réunion n'a point eu lieu par l'effet du contact. Dès que le papier est humide, il cesse d'être attiré, attendu qu'alors il devient conducteur parfait. Dans cet état, il reçoit l'électricité de la cire à cacheter frottée, sans être attiré. Un conducteur parfait, très léger, peut être attiré vers un corps électrique, quand il se trouve isolé. Ainsi la lamelle d'or isolée s'incline vers le corps électrique, mais le mouvement s'arrête dès que l'isolation cesse. Il en est de même dans l'exemple choisi par Meissner. Les chapelets de moelle de sureau suspendus au conducteur de la machine électrique s'écartent les uns des autres, parce que,

(1) *System der Heilkunde aus allgemeinen Naturgesetzen*. Vienne, 1832.

recevant l'électricité de ce conducteur, ils se repoussent dès qu'ils ont acquis celle de même nom. Ce mouvement n'a lieu non plus qu'autant que les boules sont sèches, et par conséquent conducteurs imparfaits.

Si nous appliquons ces principes aux muscles, nous voyons que les extrémités des nerfs et des fibres musculaires ne pourraient s'attirer, ou, dans la seconde hypothèse, les fibres musculaires s'écarter, qu'autant qu'elles ne seraient pas conducteurs. Mais elles le sont. A l'état humide, elles conduisent parfaitement l'électricité, et tout aussi bien qu'aucune autre partie animale humide. On pourrait bien supposer que les muscles sont des conducteurs imparfaits, en se fondant sur une observation de Humboldt, celle qu'en appliquant une ligature peu serrée au nerf crural d'une grenouille, l'armant d'un pôle au-dessus de la ligature, et mettant l'autre pôle en rapport avec le muscle, il ne survient de convulsions qu'autant qu'une certaine étendue du nerf demeure libre depuis le point où il est lésé jusqu'à son entrée dans le muscle; on n'en observe pas quand on lie le nerf immédiatement à son entrée dans le muscle, et qu'on arme l'un et l'autre au-dessus de la ligature; il s'en manifeste dès qu'on dissèque une portion de l'étendue du nerf comprise dans le muscle; enfin elles cessent aussitôt qu'on entoure d'un lambeau de chair musculaire la partie du nerf libre entre la ligature et le nerf. De prime abord, en effet, il semble qu'on pourrait conclure de là que le muscle est un conducteur imparfait; mais, en y regardant de près, on voit que le résultat de l'expérience tient précisément à l'excellence de la faculté conductrice du muscle; car, ainsi que l'a remarqué Humboldt, on peut substituer de l'éponge humide ou un métal à la chair musculaire, pour entourer le nerf, sans que le résultat change. Pour se convaincre que la chair musculaire humide est un très bon conducteur, toute expérience sur des cuisses de grenouille avec la simple chaîne suffit, dès qu'on prend pour conducteur du faible courant électrique un lambeau de cette chair, fraîche ou ancienne.

Si l'on réfléchit, en outre, que l'hypothèse de l'analogie entre l'électricité et le fluide nerveux n'a point de base empirique, et que ces deux fluides diffèrent totalement l'un de l'autre, eu égard aux corps qui les conduisent et qui les isolent, il ne reste plus aucun motif d'admettre la théorie de Prevost et Dumas, ou toute autre théorie quelconque qui reposerait sur l'électricité.

Comme les fibres musculaires semblent se raccourcir entre les anses nerveuses des muscles, il est probable que les points de ces derniers qui ressentent plus particulièrement l'influence nerveuse, s'attirent et par là donnent lieu à la flexion en zigzag des fibres. Les renflements réguliers des faisceaux primitifs des muscles, que j'ai souvent observés au microscope chez les insectes, indiquent aussi qu'il s'opère encore des attractions dans le sens de la longueur entre des parties beaucoup plus petites des fibres musculaires. Cette seconde attraction dépend également de ce que les fibres musculaires sont mises par le principe nerveux dans un état qui permet à leurs parties aliquotes de s'attirer. Mais il n'est pas possible d'aller plus loin dans l'état présent de la science. L'aptitude que le tissu contractile des oscillatoires, des *Mimosa*, etc., et le tissu contractile animal susceptible de se résoudre en colle, ont à se courber, à se contracter, à se raccourcir, paraît leur appartenir en propre, comme aux muscles, par une conséquence naturelle de leur état vivant. Mais les fibres musculaires diffèrent de ces tissus en ce que l'état vivant qui leur

permet de se contracter ne se réalise jamais que par l'effet ou la décharge du principe nerveux.

Schwann s'est occupé d'expériences tendant à faire découvrir la loi suivant laquelle la force d'un muscle diminue ou augmente avec sa contraction. Il opérait sur le muscle gastrocnémien des grenouilles, et à l'aide du procédé suivant. On fixe une grenouille sur une planchette, de manière que sa cuisse soit horizontale, sa jambe redressée perpendiculairement, et sa patte recourbée horizontalement. Cela fait, on coupe le nerf sciatique au haut de la cuisse, et on le dissèque jusqu'à la jambe, en ménageant autant que possible les vaisseaux, de sorte qu'il pende latéralement, et qu'on puisse le poser sur deux fils métalliques perçant la planchette, qui marchent d'abord dans le sens horizontal, puis se recourbent perpendiculairement vers le bas. De ces deux fils, qui ne tiennent point ensemble, l'un va gagner l'un des pôles d'une paire de plaques galvaniques, et l'autre peut, en l'appliquant légèrement à un fil venant de l'autre pôle, être mis en communication avec celui-ci. La peau de la jambe demeure intacte, à cela près d'une petite incision au talon, par laquelle on fait sortir le tendon du muscle gastrocnémien, après l'avoir coupé à la patte. On attache à ce tendon un fil qui monte perpendiculairement vers l'un des bras d'une balance, où on le fixe. A l'autre bras de la balance pend un plateau. Le premier bras, celui qui communique avec le muscle, est sextuplé de longueur, au moyen d'un fil métallique droit qu'on y a lié, afin qu'une petite contraction du muscle produise un grand mouvement du fléau. On charge alors le plateau de manière qu'il l'emporte un peu sur le bras opposé. L'extrémité de ce dernier est maintenue par une baguette horizontale, qui lui permet bien de s'abaisser, mais l'empêche de monter plus haut. Au moyen d'une disposition particulière, cette baguette peut être vissée ou plus haut ou plus bas, et une échelle indique l'étendue du changement qu'on lui fait subir. L'appareil étant disposé tellement que le long bras de la balance se trouve un peu au-dessus de la ligne horizontale, et le muscle étant fixé de manière à être un peu tendu, on fait agir sur le nerf sciatique une paire de plaques d'un pouce carré de surface. La contraction du muscle fait descendre le bras de la balance. On visse alors la baguette horizontale assez bas pour qu'en se contractant le muscle ne puisse plus éloigner d'elle le bras de la balance que d'une quantité minime. Le faible excès de poids du plateau étant considéré comme égal à zéro, on a là le plus fort degré de la contraction. Or, Schwann a observé que, quand il mettait alors des poids sur le plateau, le fléau de la balance ne trébuchait plus. Donc, à ce point de la contraction, la force du muscle était = 0. Mais, si l'on vissait la baguette horizontale un peu plus haut, on parvenait à retrouver un point où le fléau se remuait. Donc, à ce faible degré de contraction, la force du muscle était égale au poids mis dans la balance; mais le quantum du raccourcissement était la sixième partie de ce dont on avait vissé la baguette plus haut. Si alors on mettait un poids double du précédent, il fallait reporter la baguette plus haut encore, pour que le muscle pût faire mouvoir le fléau. A ce point, la force du muscle était double de celle du cas précédent, et le degré de raccourcissement pouvait être trouvé sur l'échelle. Ainsi cet appareil permettait de comparer la force déployée par le muscle, sous l'influence d'une irritation déterminée, avec son raccourcissement. Schwann avait la précaution de faire agir les irritations à des intervalles égaux, et, après chaque série d'expé-

riences, de vérifier si le muscle se contractait encore sans poids au même point que précédemment, c'est-à-dire qu'il répétait l'expérience en sens inverse : ainsi, par exemple, il observait l'état de l'instrument à zéro, puis à cinquante, puis à cent, ensuite à cinquante et à zéro, du poids, et prenait la moyenne entre tous les nombres fournis par un même poids. En suivant cette marche, il a obtenu les résultats suivants avec une grenouille sur laquelle les expériences furent faites, en hiver, pendant l'espace de douze heures, avec des interruptions entre chacune (1).

1re *Expérience.* L'échelle marquait 14,1 à 0 grain de poids, 17,1 à 60 grains, 19,7 à 120, 22,6 à 180. Donc, lorsque la force du muscle croissait chaque fois de 60 grains depuis sa plus forte contraction jusqu'à une faible contraction, la différence de longueur du muscle, d'après les différents points correspondants à chacune de ces forces, était de 3,0 entre 0 et 60 grains, de 2,6 entre 60 à 120 grains, de 2,1 entre 120 et 180 grains. Après l'expérience, le muscle se contractait de nouveau jusqu'à 13,7, quand il n'y avait pas de poids dans le plateau.

2e *Expérience.* Lorsqu'on ne mettait pas de poids dans le plateau, le muscle se contractait de telle sorte que l'échelle marquait 13,5 ; à 100 grains, 18,8 ; à 200 grains, 23,4. Donc, tandis que la force croissait de 0 à 100, le muscle s'allongeait de 5,3, et, tandis qu'elle allait de 100 à 200, il s'allongeait de 4,6. Après l'expérience, le muscle se raccourcissait sans poids à 14,4.

3e *Expérience.* L'échelle marquait 13,7 à 0 grain ; à 50 grains, 18,7 ; à 100 grains, 20,3 ; puis à 50 grains, 17,7, et à 0gr,14,1. Si l'on prend la moyenne des nombres correspondants aux diverses longueurs, on voit que la différence de longueur du muscle était de 4,3 lorsqu'il portait 0 et 50 grains de poids, et de 2,1 entre 50 et 100 grains.

4e *Expérience.* L'échelle marquait 13,5 à 0 grain, 19,1 à 100 grains, 23,2 à 200 grains. La différence de longueur du muscle entre les points où il portait 0 et 100 grains était donc à celle entre les points où il portait 100 et 300 grains :: 5,7 : 3,1.

5e *Expérience.* L'échelle marquait 16,8 à 100 grains, 12,7 à 10, puis 16,1 à 100, 18,7 à 200, ensuite 16,1 à 100, et enfin 11,7 à 0 grain. Les moyennes différences de longueur entre les points où le muscle portait 0 et 100 grains, et ceux où il portait 100 et 200 grains, étaient donc :: 4,1 : 2,4 (2).

(1) *Cons.* Valentin (*Physiologie*, t. II, p. 183), qui a modifié l'appareil de Schwann, afin de faire disparaître quelques vices dont il est entaché.

(2) Jusqu'à présent on ne savait pas en quelle proportion un muscle peut se contracter, et, encore moins, quelle est la force des muscles. Daniel Bernoulli calcula qu'un muscle oculaire se raccourcissait de $\frac{1}{7}$ ou de $\frac{1}{11}$. D'après les recherches de Prevost et Dumas, le raccourcissement des muscles de grenouille est d'environ $\frac{1}{4}$ de la longueur ; Valentin indique le même résultat. Or Ed. Weber a reconnu qu'un muscle de grenouille excisé, frais et vigoureux, chargé d'un poids 15 fois aussi grand que le poids du muscle, se raccourcissait d'au moins $\frac{1}{3}$ de sa longueur, et que, dans les circonstances les plus favorables, le raccourcissement pouvait aller aux $\frac{1}{2}$. La force d'un muscle tient non pas à la longueur des fibres, mais à leur nombre. Cela posé, comment peut-on mesurer la grandeur de la coupe transversale ? On peut calculer exactement la coupe transversale d'un muscle si l'on en connaît le poids spécifique, la longueur et le poids de ses fibres. Il faut diviser le poids évalué en grammes de ces fibres par le nombre 1,038, qui est le poids spécifique de la substance musculaire. Par là, on obtient le volume du muscle en centimètres cubiques. Si l'on divise le nombre qui exprime le volume, par le nombre qui exprime la lon-

Ainsi, dans les deux premières expériences, tandis que la force du muscle croissait d'une quantité égale, sa longueur augmentait approximativement d'une quantité égale aussi. Dans les trois dernières, le muscle ne s'allongeait pas suivant la même proportion que sa force croissait, mais suivant une proportion plus forte lorsqu'il y avait moins de poids sur le plateau. Les autres expériences faites par Schwann lui ont donné absolument le même résultat. Ainsi, dans celles qui eurent lieu le plus tôt possible après la préparation de la grenouille, par conséquent à une époque où l'état normal était le moins troublé, on obtint pour loi, que la force du muscle croissait dans la même proportion que l'organe se contractait moins, c'est-à-dire qu'elle diminuait en raison directe de la contraction du muscle. Plus il s'écoulait de temps entre l'opération et l'expérience, plus les résultats s'écartaient. On peut donc conclure que la loi s'applique exactement à l'état normal. Cette loi est celle qui régit les corps élastiques. Elle réfute toute théorie qui tend à expliquer la contraction des muscles par une attraction de leurs molécules exercée en vertu d'une des forces attractives à nous connues, dont l'action est telle que la force d'attraction croisse en proportion du rapprochement des molécules, ou, pour parler avec plus de précision, en raison inverse du carré de la distance. Car, lorsque la force attractive des molécules du muscle est assez grande pour qu'elles puissent déjà se rapprocher si elles sont fort éloignées les unes des autres, elle augmente encore quand les molécules se sont déjà rapprochées un peu, c'est-à-dire quand le muscle s'est déjà raccourci. C'est donc dans sa longueur normale que le muscle devrait déployer le moins de force, et celle-ci devrait croître à mesure qu'il se raccourcit, de manière à être parvenue au plus haut point d'intensité lorsque la contraction se trouverait arrivée à son dernier terme. Mais les expériences de Schwann démontrent que l'inverse précisément a lieu, puisque c'est quand le muscle a sa longueur normale que sa force est le plus considérable, et qu'au plus haut degré de contraction elle est égale à 0. La théorie de Prevost et Dumas ne saurait non plus se concilier avec cette loi. Le courant électrique qu'ils supposent dans les nerfs excite un courant magnétique transversal, qui attire la fibre musculaire ; mais cette fibre devrait être attirée avec d'autant plus de force qu'elle se serait déjà rapprochée davantage de la direction du courant, parce que l'attraction magnétique croît aussi à mesure que l'objet attiré se rapproche. Donc, ici également, la force du muscle devrait s'accroître avec son raccourcissement. L'hypothèse de Meissner s'accorde déjà mieux avec la loi. Là ce n'est pas une attraction directe

gueur des fibres musculaires en centimètres, on a la coupe transversale en centimètres carrés. Le résultat peut s'exprimer ainsi : Dans les muscles de grenouille examinés, chaque masse musculaire dont la coupe transversale était d'un centimètre carré, faisait contre-poids à 692,2 grammes, la force étant portée au plus haut point par l'irritation magnéto-galvanique. Transportant ce calcul à un muscle humain, le gastrocnémien, mis en mouvement par la volonté, M. Weber a trouvé qu'une coupe transversale d'un centimètre carré faisait équilibre à 1087 grammes, et avait beaucoup plus de force qu'un muscle de grenouille se contractant par l'irritation magnéto-galvanique. Comme un muscle se raccourcit d'autant plus qu'il est plus long, l'effet total se détermine, non pas seulement par le poids auquel il peut faire équilibre, mais par la hauteur à laquelle il peut élever un poids donné. Le résultat auquel M. Weber est arrivé est : les muscles de grenouille examinés élèvent à une hauteur de 15 millimètres un poids qui est 93 fois celui du muscle même (*Sur les découvertes d'Éd. Weber*, dans MUELLER'S *Archiv*, t. XIII, p. 512).

É. L.

qui opère le raccourcissement du muscle, mais une répulsion des molécules dans la direction transversale de l'organe. Donc, plus le muscle se raccourcit, plus la distance augmente entre les molécules qui se repoussent, et moins la force avec laquelle elles continuent de se repousser doit être grande. Ici, par conséquent, la force diminue réellement avec le raccourcissement. Mais Schwann a calculé mathématiquement que, dans cette hypothèse, la force ne pourrait point diminuer en raison directe du raccourcissement.

En terminant cette discussion, il me paraît nécessaire de faire remarquer que tout changement subit de l'état des nerfs musculaires, quelle qu'en puisse être la cause, a pour conséquence l'ébranlement du muscle. La fermeture et l'ouverture de la chaîne galvanique, la destruction soudaine du nerf, la brûlure, l'influence chimique, le tiraillement, toutes ces causes paraissent donner au principe impondérable des nerfs une impulsion en vertu de laquelle il s'élance vers les muscles par un courant ou par des oscillations, soit que d'ailleurs l'influence extérieure exalte, soit qu'elle diminue la force vitale du nerf. C'est pour cela que des convulsions peuvent survenir dans tous les états des forces vitales, même alors que celles-ci sont réduites à leur moindre expression, parce que le principe nerveux est susceptible, même avant de s'éteindre, de déployer son aptitude à ce mouvement progressif ou oscillatoire, et qu'il entre en mouvement dès que l'état du nerf change. Ceci nous prouve bien qu'il y a une différence totale entre irritation et augmentation de la force vitale, qu'on peut irriter un corps animal au point de lui causer la mort, et que les narcotiques, tout en détruisant la puissance vitale des nerfs, dont ils changent si violemment l'état matériel, peuvent cependant encore provoquer des symptômes non moins prononcés d'irritation (1).

(1) M. Duchenne, *Exposition d'une nouvelle méthode de galvanisation, dite galvanisation localisée* (*Archives générales de médecine*, 1850, t. XXIII, p. 275), décrit ainsi les procédés de la galvanisation localisée : 1° Si la peau et les excitateurs sont parfaitement secs et l'épiderme d'une grande épaisseur, comme cela s'observe chez certains sujets que leur profession expose souvent au contact de l'air, les deux courants électriques se recomposent à la surface de l'épiderme, sans traverser le derme, en produisant des étincelles et une crépitation particulière sans phénomènes physiologiques. 2° Met-on sur la peau un excitateur humide et l'autre sec, le sujet soumis à l'expérience accuse, dans le point où le second excitateur n'avait développé que des effets physiologiques, une sensation superficielle, évidemment cutanée. C'est que les électricités contraires se sont recomposées dans le point de l'épiderme sec, mais après avoir traversé la peau par l'excitateur humide. 3° Mouille-t-on très légèrement cette peau, dont l'épiderme offre une très grande épaisseur, il se produit, dans les points où sont placés les excitateurs métalliques, une sensation superficielle, comparativement plus forte que la précédente, sans étincelles ni crépitation. Ici la recomposition électrique a lieu dans l'épaisseur de la peau. 4° Enfin, la peau et les excitateurs sont-ils très humides, on n'observe ni étincelles, ni crépitation, ni sensation de brûlure ; mais on obtient des phénomènes de contractilité ou de sensibilité très variables, suivant qu'on agit sur un muscle ou sur un faisceau musculaire, sur un nerf, ou sur une surface osseuse. Dans ce dernier cas, on détermine une douleur vive, d'un caractère tout particulier ; aussi doit-on éviter avec soin de placer les excitateurs humides sur les surfaces osseuses.

Il ressort de ces expériences, qu'on arrête à volonté la puissance électrique dans la peau, et que, sans incision ni piqûre, on peut la traverser, et limiter l'action de l'électricité dans les organes qu'elle recouvre, c'est-à-dire dans les nerfs, dans les muscles et même dans les os. M. Duchenne a fait la contre-épreuve. Sur un blessé qui avait une partie du muscle crural externe dénudé, il appliqua, dans le point dénudé, un excitateur métallique sec, et en produisit *la contraction avec une sensation sourde et spéciale à la contraction électro-musculaire*. Ensuite

SECTION II.

DES DIFFÉRENTS MOUVEMENTS MUSCULAIRES.

CHAPITRE PREMIER.

Des mouvements involontaires et volontaires.

Parmi toutes les différences que peuvent présenter les mouvements musculaires, la plus frappante est celle qu'on remarque entre les muscles qui obéissent aux ordres de la volonté et ceux qui ne les reconnaissent pas. Cependant, lorsqu'on approfondit le sujet, on trouve cette distinction moins naturelle qu'elle ne semble

il plaça les mêmes excitateurs sur le même muscle, dans un point où la peau était intacte, et il n'obtint qu'une *sensation de brûlure, sans contraction musculaire.* Ayant remplacé les excitateurs métalliques par des éponges humides enfoncées dans des cylindres excitateurs, et les ayant posées, comme dans l'expérience précédente, sur la peau, dans un point correspondant au crural, il développa une contraction avec la sensation sourde et spéciale qui avait été produite en plaçant l'excitateur sur le muscle dénudé.

Chez un autre blessé, dont le nerf radial avait été détruit à la partie inférieure du bras, et qui avait perdu la sensibilité et la contractilité électriques des muscles de la région postérieure de l'avant-bras, mais dont la sensibilité de la peau était restée intacte par l'intégrité des nerfs cutanés, M. Duchenne appliqua des excitateurs métalliques sur la peau des régions anté-brachiales postérieure et antérieure, et partout il produisit une *sensation vive de brûlure.* Il remplaça les excitateurs secs par des éponges humides enfoncées dans des cylindres ; alors il n'observa, à la région postérieure, *ni sensation, ni contraction,* tandis que *des contractions accompagnées de sensations* se manifestèrent à la région anté-brachiale antérieure. Dans cette dernière région, la sensation de brûlure, produite par les excitateurs métalliques secs, était remplacée par une sensation sourde et spéciale à la contraction musculaire provoquée par les excitateurs humides.

La galvanisation musculaire permet de connaître la situation, la direction et la surface des muscles des régions superficielles. Que l'on place un excitateur humide sur un point de la peau correspondant à du tissu musculaire, il se manifeste à l'instant un mouvement qui rappelle le nom du muscle qui seul peut le produire, et auquel doit appartenir ce tissu musculaire. Veut-on connaître alors la surface de ce muscle, on promène l'excitateur parallèlement, puis transversalement, à la direction de ses fibres musculaires. Par ce procédé, nous pouvons suivre les fibres des muscles de la face beaucoup mieux et beaucoup plus loin qu'avec le scalpel, surtout celles qui se perdent dans la peau, et qu'on est forcé de sacrifier dans les préparations anatomiques. Cette sorte de myologie vivante sera principalement utile aux artistes, auxquels elle permettra de bien étudier les reliefs produits par la contraction musculaire. Ce procédé peut aussi servir à l'examen de certaines atrophies musculaires avec transformation graisseuse ; dans ces paralysies, la galvanisation localisée indique, avec une grande précision, le degré de maladie de chacun des muscles affectés. La galvanisation musculaire est appelée à établir d'une manière exacte les usages d'un grand nombre de muscles. Concentrant son excitation sur chacun des muscles et même sur chacun de leurs faisceaux, elle permet d'analyser leur action individuelle. Ainsi, le grand et le petit zygomatique, considérés jusqu'à présent comme muscles congénères, modifient les traits d'une manière différente et agissent sous l'influence d'impressions contraires : le premier

l'être au premier aperçu. Les différentes formes anatomiques du tissu musculaire ne parlent point en sa faveur. Il y a, en outre, bien des mouvements involontaires de muscles qui sont soumis à la volonté, mouvements dont quelques uns n'ont pas un rhythme moins prononcé que ceux du cœur. Si certains muscles sont entièrement soustraits à l'influence de la volonté, ils ne sont pas pour cela indépendants des états de l'âme, et la division si généralement admise par les physiologistes a beaucoup perdu de son intérêt depuis qu'on sait que les nerfs exercent tout autant d'empire sur les mouvements involontaires que sur les autres. Les considérations anatomiques ne viennent pas non plus l'appuyer. Quoique les muscles de la partie organique du corps se distinguent des autres par la cylindricité de leurs fibres et l'absence de stries transversales sur les faisceaux primitifs, et qu'ils ne reconnaissent pas les ordres de la volonté, cependant la vessie urinaire, qui est susceptible de quelques mouvements volontaires, ne saurait être séparée d'eux au point de vue de sa structure. Les faisceaux des fibres de l'iris n'ont point de rides transversales, et pourtant on peut mouvoir l'iris à volonté en tournant l'œil vers le nez. D'un autre côté, quoique les muscles de la partie animale du corps se distinguent par les rides transversales de leurs faisceaux primitifs et par la forme en chapelet de leurs fibres primitives, et qu'ils soient soumis à la volonté, le cœur établit une seconde exception, puisque sa structure le rapproche de ceux-ci, et que le caractère involontaire de ses mouvements le place dans la catégorie des précédents. La couleur des muscles ne s'accorde pas non plus avec cette division. Les muscles volontaires sont généralement rouges; mais, s'il y en a quelques uns de rouges chez les poissons, la plupart y sont pâles. Les muscles contractiles involontairement sont pâles, pour le plus grand nombre, comme ceux de l'intestin; mais ceux du gésier des oiseaux et du cœur ont une teinte de rouge foncé, et la tunique musculeuse de la vessie, qui obéit à la volonté, est aussi pâle que celle de l'intestin. Cette différence de coloration ne dépend certainement pas du plus ou moins grand nombre de vaisseaux sanguins, ni de la matière colorante du sang. La substance elle-même des fibres musculaires, qui a de commun avec la matière colorante du sang de devenir plus rouge à l'air, paraît être la cause de cette particularité. A la vérité, la

produit toujours le sourire ou la gaieté franche; le second exprime le chagrin ou annonce les larmes.

M. Duchenne emploie heureusement la galvanisation localisée au diagnostic de certaines paralysies. Ainsi, deux hommes se présentent à lui avec une paralysie de l'avant-bras qui offrait les caractères suivants : chute du poignet, flexion des doigts avec impossibilité de les étendre, paralysie incomplète et diminution de force dans les autres muscles de l'avant-bras ; amaigrissement général du membre paralysé, et atrophie plus prononcée à la région postérieure de l'avant-bras; pas de contracture. La galvanisation montra que, dans un cas, la contractilité et la sensibilité électro-musculaires étaient normales; tandis que, dans l'autre, les muscles de la région postérieure avaient perdu leur contractilité électrique. Cela signifiait que, dans le premier cas, la paralysie était de cause rhumatismale, et, dans le second, de cause saturnine. Deux paralysies lui ayant été présentées, il s'agissait de savoir si, chez les deux femmes, la paralysie dépendait d'une affection des centres nerveux : dans la première, la contractilité électro-musculaire était intacte, et la sensibilité un peu diminuée; dans la seconde, les muscles avaient perdu leur contractilité et leur sensibilité électrique. De là le diagnostic : que la première a une paraplégie de cause hystérique, et la seconde une paraplégie qui provient de la moelle épinière, ou de l'affection si grave appelée paralysie générale. É. L.

division des muscles en volontaires et involontaires repose plus sur des motifs tirés du système nerveux que sur des motifs empruntés aux muscles eux-mêmes; mais ici encore l'iris et la vessie urinaire soulèvent des difficultés. Enfin, si l'on réfléchit que certains muscles, qui au fond sont soumis à la volonté, se contractent néanmoins continuellement sans nul concours de sa part, comme le sphincter de l'anus ; que quelques uns de ceux de la partie animale du corps sont susceptibles de mouvements volontaires chez un très petit nombre seulement d'hommes, comme le crémaster ; que tous les muscles aux ordres de la volonté sont fréquemment soumis à des mouvements involontaires, soit par réflexion, soit par association, comme dans le rire, le bâillement, les soupirs, mais plus encore dans le jeu des passions ; on trouve qu'il existe assez de raisons pour adopter une division dont les éléments se rapportent davantage aux causes internes des divers mouvements. Comme l'établissement de l'ordre des mouvements involontaires repose sur un caractère purement négatif, quelques physiologistes ont admis une distinction meilleure, celle des mouvements en automatiques et volontaires. Cependant il existe tant d'espèces de mouvements involontaires différentes au point de vue des causes, que cette division ne semble pas non plus être d'une grande utilité. En effet, quelle différence n'y a-t-il pas entre les mouvements automatiques et rhythmiques du cœur et des muscles respirateurs, et les mouvements réflexes !

La classification suivante est celle qui paraît faire le mieux ressortir les causes diverses des mouvements musculaires.

MOUVEMENTS DÉTERMINÉS PAR DES IRRITATIONS HÉTÉROGÈNES, EXTERNES OU INTERNES.

Par irritations hétérogènes, j'entends ici toutes les causes de mouvement autres que la simple impulsion du principe nerveux lui-même. Généralement parlant, ces irritations n'agissent point dans l'état de santé : il y a cependant des cas où elles sont normales, comme l'influence de la bile ou des excréments sur les mouvements de l'intestin, celle de l'urine sur la vessie, etc. Un changement de l'état des nerfs musculaires est une condition nécessaire du mouvement. Peu importe que la cause arrive aux nerfs des parties centrales du système nerveux, ou de leurs vaisseaux, ou de l'extérieur. Tous les muscles de la partie animale et de la partie organique du corps sont susceptibles de ces mouvements : ils ont lieu involontairement, que les muscles d'où ils ressortent obéissent ou non d'ailleurs à la volonté. L'irritation peut s'exercer sur trois points différents.

1° Sur le muscle lui-même. Dans ce cas, les nerfs qui se répandent dans le muscle sont affectés les premiers, et la convulsion arrive comme conséquence. Le cœur, le canal intestinal, la vessie, tous les muscles soustraits à la volonté, comme tous ceux qui lui obéissent, se contractent par le fait d'une irritation extérieure. La seule différence consiste en ce que les irritations extérieures ne déterminent pas toujours, dans les muscles organiques dépendants du nerf grand sympathique, des convulsions rapides et instantanées comme celles qu'elles provoquent dans les muscles du système animal, et que tantôt la contraction à laquelle elles donnent lieu s'établit et s'accroît avec lenteur, comme à l'intestin et à la matrice des animaux, n'atteint son maximum que longtemps après la cessation de l'irritation, et survit à cette dernière ; tantôt le mode et la rapidité du rhythme des organes qui en obser-

vent un dans leurs contractions, comme le cœur, se trouvent changés pour un laps de temps plus ou moins long. La propagation du mouvement du principe nerveux paraît donc se faire avec beaucoup plus de lenteur dans le grand sympathique que dans les nerfs de la vie animale, dont l'irritation détermine des effets instantanés qui n'ont pas plus de durée qu'elle.

2° Sur le nerf. L'irritation de la portion du nerf située hors des muscles a le même résultat que celle qui porte sur ce dernier. Le fait a lieu constamment pour les nerfs de la vie animale ; quant à ce qui concerne ceux de la vie organique, on ne l'a découvert que dans ces derniers temps. Humboldt est parvenu à changer les battements du cœur par la galvanisation des nerfs cardiaques, et Burdach par l'application de la potasse caustique au ganglion cervical inférieur. Après avoir mis à découvert le canal intestinal d'un lapin, j'ai ravivé le mouvement péristaltique, qui s'était déjà ralenti, en galvanisant le ganglion cœliaque au moyen de la pile. Mais, en touchant le ganglion avec de la potasse caustique, on démontre le fait de la manière à la fois la plus facile et la plus évidente. C'est une des meilleures expériences de la physiologie. Quand les mouvements de l'intestin d'un lapin, que l'impression de l'air rend d'abord beaucoup plus vifs, commencent à se calmer, si l'on applique de la potasse caustique sur le ganglion cœliaque, ils se reproduisent bientôt avec un surcroît d'intensité. Là encore on s'aperçoit que le mouvement du principe nerveux est plus lent, mais plus persistant, dans le nerf grand sympathique ; car le mouvement de l'intestin n'arrive à son maximum qu'au bout de quelques instants, et il persiste très longtemps.

3° Sur les organes centraux. L'application des irritants aux organes centraux entraîne les mêmes résultats. Les mouvements ont toujours lieu dans les muscles dont les nerfs dépendent de la partie irritée du cerveau ou de la moelle épinière. D'après les expériences de Wilson Philip, le mouvement du cœur peut être changé par l'irritation d'une partie quelconque de l'encéphale ou du prolongement rachidien, tandis que celle de certaines parties de ces organes entraîne toujours des convulsions dans certains muscles. Mais il y a une différence importante, qui tient à la nature de l'irritation matérielle. Certaines influences déterminent des convulsions, qu'on les mette en contact avec les muscles, avec les nerfs, ou avec les organes centraux : tels sont les stimulus mécaniques, la chaleur, l'électricité, les alcalis, etc. D'autres n'en provoquent que quand elles agissent sur les centres du système nerveux par l'intermédiaire de la circulation, comme les narcotiques. Un narcotique peut bien, quand on l'applique sur un muscle ou un nerf, éteindre d'une manière locale l'irritabilité de cet organe, mais jamais alors il ne donne lieu à des convulsions, tandis qu'il en détermine de très violentes lorsqu'il agit par le sang sur le cerveau ou la moelle épinière ; et ce qui prouve que, dans ce cas, la cause des phénomènes convulsifs siége aux organes centraux, c'est qu'en coupant les nerfs du membre convulsé, le tétanos cesse dans toutes les parties dont les cordons nerveux ne communiquent plus avec la moelle épinière.

MOUVEMENTS AUTOMATIQUES.

Sous ce nom on comprend tous les mouvements qui, indépendants des actions de l'âme, sont continus, ou affectent un rhythme régulier, et qui, les uns comme

les autres, dépendent de causes naturelles, compatibles avec la santé, et dont les nerfs ou les organes centraux sont le siége. Les mouvements rhythmiques se partagent en deux classes, suivant que leur principe réside dans le grand sympathique ou dans les organes centraux du système nerveux. Jamais les mouvements rhythmiques réguliers n'ont leur source dans les seuls nerfs de la vie animale.

Mouvements automatiques qui dépendent du nerf grand sympathique.

1° Muscles dont les faisceaux primitifs offrent des rides transversales. Le cœur.

2° Muscles dont les faisceaux primitifs ne présentent pas de rides transversales. Le canal intestinal, la matrice, la vessie urinaire.

Les mouvements automatiques des premiers sont prompts, instantanés, et se succèdent avec rapidité, comme dans les muscles de la vie animale pourvus de stries transversales. Ceux des seconds sont lents : les convulsions n'y atteignent jamais leur maximum que peu à peu ; elles durent longtemps, et les périodes de repos sont beaucoup plus longues. On ignore si cette différence tient à la structure des fibres musculaires ou à l'influence nerveuse. Ce qui semblerait donner à penser, jusqu'à un certain point, qu'elle dépend de la première circonstance, c'est que la vessie urinaire, quoique mobile en vertu de la volonté, diffère néanmoins des muscles volontaires en ce que ses mouvements ne peuvent point affecter le caractère convulsif. Du reste, ils ne se trouvent compris ici parmi les mouvements automatiques que parce qu'ils s'accroissent d'une manière périodique lorsque le réservoir est rempli. Dans les mouvements automatiques du système organique, on remarque partout une certaine succession de contractions ; l'une des parties de l'organe se contracte plus tôt que l'autre, et le mouvement marche avec régularité, en suivant une certaine progression, jusqu'à ce que la période soit accomplie. Dans le cœur de la grenouille, il commence aux veines caves, puis se propage aux oreillettes, aux ventricules et au bulbe de l'aorte. Au canal intestinal il marche de haut en bas, d'une manière vermiforme ; mais une période n'est point écoulée entièrement, que la suivante reprend, et que les parties recommencent à se contracter dans le même ordre. Le mouvement rhythmique débute à l'œsophage, dont la partie inférieure, d'après les observations de Magendie et les miennes, se resserre, puis se dilate de temps en temps. A l'estomac, le mouvement est proportionnellement très faible. Il présente aussi un caractère vermiforme à la matrice, du moins après l'application des irritants, comme je l'ai vu chez les rats ; d'ailleurs, les mouvements de la matrice ne s'observent que pendant l'accouchement ; il est rare que, durant la grossesse, on en remarque de faibles, ayant l'apparence de spasmes. Quand les irritants agissent sur un organe doué de mouvements automatiques, ceux-ci conservent généralement leur ordre normal de succession ; c'est seulement lorsque l'irritation s'accroît beaucoup, que la succession change, et qu'on voit survenir un mouvement antipéristaltique ; mais celui-ci peut aussi se manifester au milieu d'accidents cérébraux, quand l'influence nerveuse vient à être suspendue. Toutes les fois que des organes susceptibles de mouvements automatiques sont irrités, la période change aussi, et les mouvements deviennent plus intenses ; le cœur bat avec plus de force et de fréquence quand une irritation externe ou interne agit sur lui. Si de fortes maladies aiguës font sur les organes

centraux une vive impression, aux suites de laquelle on donne le nom de fièvre, non seulement le cœur se meut plus fréquemment, mais encore le mode de contraction des fibres est changé, ce qui rend le pouls dur : aussi le pouls demeure-t-il dur, fort et fréquent, tant que les forces conservent leur intégrité. A mesure que celles-ci diminuent, l'impression de la maladie sur les organes centraux subsistant toujours, les battements du cœur ne reviennent point à l'état normal, il est vrai, de sorte que le pouls reste dur ; mais ces battements perdent de leur force, et le pouls devient faible, tout en augmentant de fréquence. Un pouls dur, plein et fréquent, annonce donc, dans les maladies aiguës, une vive impression sur les organes centraux, sans changement essentiel des forces vitales ; un pouls dur, faible et fréquent, est le signe d'une déperdition de forces proportionnée à l'accroissement de ce symptôme. Dans beaucoup d'affections sans inflammation, les fonctions des organes centraux sont suspendues, comme dans la syncope et l'apoplexie. Les irritations externes ou internes du canal intestinal rendent les mouvements de ce tube plus forts et plus rapides, comme on le remarque quand la cavité abdominale est ouverte, ou dans le cas d'irritation de la membrane muqueuse (diarrhée). Les irritations rachidiennes font naître des mouvements automatiques spasmodiques du canal intestinal et de la matrice. Le même changement s'observe du moins dans le tube digestif, à la suite des irritations du grand sympathique, comme le prouvent les résultats de l'application de la potasse caustique sur le ganglion cœliaque des lapins.

Plusieurs des organes qui exécutent des mouvements automatiques ont des sphincters. Pendant que les contractions de ces organes s'accroissent périodiquement, les sphincters sont continuellement fermés, comme celui de la vessie, ou l'orifice de la matrice avant la parturition. Mais, à force de pousser leur contenu vers l'anneau musculaire qui ferme l'issue, les conduits finissent par en vaincre la résistance et le dilater. L'antagonisme des conduits et des sphincters tient évidemment moins aux appareils musculaires qu'au mode de l'action nerveuse exercée sur les uns et sur les autres. C'est ce mode qui est cause que le col utérin et le sphincter de la vessie demeurent fermés pendant que les mouvements des sacs s'accroissent périodiquement, dans la matrice sous la forme de douleurs, dans la vessie sous celle d'envies d'uriner. En admettant, comme Reil le faisait, une polarité entre le fond et le col de la matrice, on ne rend pas la chose plus claire. La distension des sphincters paraît s'effectuer en grande partie par suite de la pression exercée sur eux ; le museau de tanche s'ouvre, comme le sphincter de l'anus cède à la pression des excréments. Après l'expulsion du contenu, le sac et le sphincter reviennent peu à peu sur eux-mêmes. Cette contraction paraît ne point être périodique dans les sphincters, mais l'être dans les sacs ; les douleurs que les femmes éprouvent après l'accouchement sont l'expression de ces contractions rhythmiques.

La cause finale des contractions rhythmiques des muscles organiques tient au mode du conflit entre les muscles et le nerf grand sympathique (et non les centres du système nerveux). Ces mouvements automatiques diffèrent essentiellement en cela de ceux des muscles de la vie animale. Le cœur continue ses mouvements rhythmiques, même après avoir été séparé du corps ; ils ne dépendent point du sang, puisqu'ils s'exécutent avec non moins de régularité dans le cœur qui ne contient point de ce liquide ; ils ne tiennent pas non plus à l'irritation de l'air, car ils

continuent dans le vide. Le mouvement péristaltique, dans le tube digestif, persiste après l'excision du canal ; et on l'a vu persévérer, dans l'oviducte arraché du corps de la tortue, jusqu'à ce que les œufs eussent été expulsés.

Les nerfs organiques qui se distribuent à la substance musculaire jouent le rôle principal dans ces mouvements automatiques des parties détachées du corps, et les muscles qui les exécutent ne se contractent pas d'une manière rhythmique indépendamment des nerfs, comme le croyait Haller. On peut le conclure des résultats de l'examen auquel je me suis livré précédemment, et duquel il suit que le conflit des nerfs et des muscles est nécessaire à l'accomplissement de la contraction musculaire, comme aussi du fait que le mode de contraction du canal intestinal change, pour un laps de temps assez long, lorsqu'on applique des irritants, par exemple de la potasse caustique, sur le ganglion cœliaque. La cause du rhythme peut résider ou dans les fibres musculaires ou dans les fibres nerveuses. Si elle a son siége dans les fibres musculaires, l'action du principe nerveux est continuelle, mais les fibres du cœur perdent leur faculté de se contracter après chaque contraction instantanée, et la recouvrent par l'effet d'un repos très court, pendant lequel le principe nerveux agit de nouveau sur elles. Si la cause du rhythme réside dans les fibres nerveuses, la réceptivité des fibres musculaires est continuelle, et le principe nerveux n'y afflue que d'une manière périodique, par l'effet de causes inhérentes aux nerfs eux-mêmes. La première hypothèse, suivant laquelle le cœur perdrait à chaque instant, ou quatre-vingts fois par minute, son aptitude à ressentir l'influence du principe nerveux, pour la recouvrer autant de fois dans le même laps de temps, est invraisemblable, puisque tous les autres muscles se meuvent d'une manière durable quand l'irritation persiste. Un si prompt rétablissement de la réceptivité par l'effet du seul repos n'est pas moins improbable, attendu que, pour rétablir dans les muscles fatigués l'aptitude à ressentir les irritations, il faut non seulement du repos, mais encore l'influence du sang en circulation. Mais le cœur continue ses mouvements rhythmiques alors même que ses cavités sont vides de sang et qu'on l'a détaché du corps, en sorte que le sang artériel ne puisse plus affluer dans ses capillaires.

La seconde hypothèse, celle que la réceptivité du cœur est permanente, mais l'action du principe nerveux sur l'organe est périodique, réunit plus de probabilités en sa faveur. Elle mérite donc que nous l'examinions plus en détail (1).

(1) MM. Weber ont reconnu que l'irritation galvano-magnétique de la partie cérébrale d'où émanent les nerfs vagues, ou même l'irritation directe des deux nerfs vagues, mettent le cœur dans le relâchement, ralentit le rhythme du mouvement, et va jusqu'à y suspendre complétement le mouvement ; qu'au contraire l'irritation magnéto-galvanique des plexus placés au renflement aortique des grenouilles réveille, accélère et fortifie le mouvement du cœur. Pour reconnaître une telle influence d'une partie tout à fait circonscrite du cerveau, il faut disposer les deux fils conducteurs de manière qu'ils soient très voisins et cependant isolés ; autrement on ne serait pas sûr que le courant galvanique ne passât pas, par de longs détours, d'un fil à l'autre. On trouve de la sorte que l'irritation magnéto-galvanique de la moelle épinière, ne change pas le rhythme des mouvements cardiaques et encore moins les suspend ; au lieu que ces phénomènes se produisent aussitôt, si l'on touche avec ces fils la moelle allongée, le cervelet ou les tubercules quadrijumeaux. Les nerfs vagues sont les conducteurs de cette irritation sur le cœur. Rien ne se produit, si préalablement ils ont été coupés (*Sur les découvertes d'Ed. Weber*, dans Muller's *Archiv*, t. XIII, p. 497). É. L.

En agissant sur le ganglion cœliaque, on peut faire reprendre le caractère péristaltique au mouvement déjà éteint du canal intestinal, par conséquent lui rendre son rhythme et lui imprimer une plus grande force. De là semble résulter que ce ganglion prend part à la production du mouvement rhythmique. Mais, comme, dans l'expérience, la potasse caustique le détruit et le frappe de mort, quoique les mouvements rhythmiques provoqués persistent pendant longtemps, il faut que les portions des nerfs intestinaux qui avoisinent le ganglion possèdent aussi cette faculté, et ils en jouissent effectivement, puisque le canal intestinal détaché du mésentère conserve encore l'aptitude au mouvement péristaltique. L'influence que le ganglion cœliaque exerce sur la production de mouvements périodiques doit d'autant plus appartenir également aux nerfs organiques qui se répandent dans les muscles de la vie organique, qu'en examinant avec soin les branches du grand sympathique, on y découvre très souvent de petits renflements secondaires, disséminés sans régularité. Retzius a vu de très petits ganglions sur les filets du grand sympathique qui se rendent au nerf trijumeau (1). J'en ai également rencontré, dans un rameau de communication entre le grand sympathique et l'un des nerfs dorsaux, de très petits, qui n'étaient visibles qu'à la loupe. Les branches du plexus hypogastrique que j'ai vues se rendre, chez le cheval et l'homme, à la partie la plus postérieure des corps caverneux de la verge, présentent aussi, à une certaine distance de leur entrée, de petits renflements ganglionnaires, qui sont placés au voisinage de l'extrémité postérieure de la prostate. Lorsqu'on examine avec soin de grandes étendues du nerf sympathique, il n'est pas rare qu'on découvre de très petits ganglions, en détachant les faisceaux fibreux les uns des autres. Remak a souvent isolé, sur le trajet des nerfs sympathiques, de petits renflements, qu'on distingue très bien à l'œil nu. Schwann en a aperçu, séparés les uns des autres par de grandes distances, sur les filets microscopiques du grand sympathique, dans le mésentère du *Bufo igneus*. Il ne faut pas confondre ces petits ganglions avec les varicosités des fibres primitives du grand sympathique, observées par Ehrenberg.

D'après tout ce qui précède, ma conclusion est celle-ci : Le mouvement automatique des muscles organiques dépend d'abord, comme tout mouvement volontaire, de l'impulsion du principe nerveux, ce qui a été démontré ; la cause du rhythme de ce mouvement n'est pas dans la nature des fibres musculaires, mais dans celle du système nerveux appartenant en propre aux muscles organiques, ce qui a été prouvé aussi ; le ganglion cœliaque a le pouvoir, quand il est irrité, de déterminer des mouvements péristaltiques de l'intestin, ce qui a été également démontré ; la nature ganglionnaire du grand sympathique paraît se continuer dans toutes les ramifications de ce nerf, et l'aptitude de l'intestin aux mouvements péristaltiques persiste, alors même que cet organe a été détaché du mésentère : donc les filets du grand sympathique qui se distribuent au canal intestinal lui-même ont encore le pouvoir de provoquer des mouvements périodiques. Ce qui est vrai des mouvements péristaltiques de l'intestin l'est aussi des mouvements rhythmiques du cœur : le premier mouvement du cœur, quand il se trouve encore réduit à la simple condition d'un utricule, est péristaltique. Il paraît donc que

(1) *Isis*, 1827.

l'aptitude du nerf grand sympathique à déterminer des mouvements périodiques appartient non seulement à ses gros ganglions, mais encore à ses moindres parties qui se distribuent dans l'intérieur des organes ; et cela explique pourquoi le cœur, le canal intestinal, l'ovaire de la tortue continuent d'observer un rhythme déterminé de mouvement après qu'on les a séparés du corps.

Une question se présente : N'est-il pas possible d'expliquer d'une manière satisfaisante, au moyen d'une hypothèse, comment il se fait que l'impulsion du principe nerveux, dans les parties auxquelles le nerf grand sympathique distribue ses filets, observe un rhythme dans son action interrompue ? Les hypothèses sont permises dans une science exacte et reposant sur les faits, toutes les fois qu'on ne peut encore arriver à une explication définitive : il faut seulement que la théorie hypothétique ne soit point contraire aux faits, qu'elle se concilie, au contraire, avec eux, et qu'elle ouvre un champ nouveau à d'ultérieures investigations. Ce qui suit me semble être une hypothèse de ce genre.

Supposons que des courants du principe nerveux impondérable aient lieu continuellement dans le nerf grand sympathique, depuis le centre, ou le point d'origine, jusqu'à la périphérie, aux organes. Comment se fait-il que, de continu, le mouvement devienne périodique ? La mécanique nous offre beaucoup d'exemples d'une telle transformation. Empruntons une comparaison à un fluide impondérable. Lorsqu'on rapproche jusqu'à une certaine distance de l'électromètre de Bohnenberger un corps chargé d'électricité, la lamelle d'or s'incline vers l'une des colonnes ; si le courant électrique qui arrive à l'électromètre est assez fort, la lame d'or est attirée vers le pilier jusqu'au point d'entrer soudainement en contact avec lui ; si le courant n'est pas assez fort, la lamelle demeure chargée, et oscille vers l'une des colonnes, sans y atteindre. L'électricité y reste enchaînée, malgré la tendance des deux fluides à se réunir. Ce n'est que quand de nouvelles quantités d'électricité parviennent du dehors à la lamelle, qu'arrive le maximum, terme où celle-ci ne peut plus retenir le fluide dont elle se trouve chargée, et l'abandonne subitement au pilier. L'envoi continuel d'étincelles qu'une machine électrique qu'on ne cesse de tourner fait à un conducteur peu distant d'elle, est plus instructif encore à cet égard. Le demi-conducteur compris entre le conducteur de la machine et le conducteur qu'on en a rapproché, c'est-à-dire l'air atmosphérique sec, empêche l'électricité continuellement excitée dans la machine de s'écouler par un jet continu : aussi se décharge-t-elle périodiquement sur le conducteur, chaque fois qu'elle s'est accumulée en assez grande quantité pour pouvoir traverser le demi-conducteur. Ce que je rapporte ici n'est qu'une image : il n'entre pas dans ma pensée de comparer à l'électricité le principe qui agit dans les nerfs, et je crois même avoir suffisamment réfuté toute hypothèse qui reposerait sur un semblable parallèle. Mais l'image fournit un moyen de se faire une idée approximative du mode de mouvement du principe nerveux dans les nerfs sympathiques. On a souvent comparé les ganglions du grand sympathique à des demi-conducteurs. Nous avons vu que le principe nerveux se meut avec beaucoup plus de lenteur dans ce nerf que dans ceux de la vie animale. C'est là un fait. Car, quand on touche avec de la potasse caustique le ganglion cœliaque d'un lapin dont le canal intestinal commence à ne plus laisser apercevoir le mouvement péristaltique auquel l'action de l'air avait d'abord communiqué un redoublement

d'énergie, quelques secondes suffisent pour redonner une nouvelle force à ce mouvement, mais il n'atteint son maximum que beaucoup plus tard, et dure en général très longtemps. Cette lenteur du mouvement du principe nerveux dans le nerf grand sympathique indique un obstacle à la transmission, qui n'existe pas dans les nerfs de la vie animale, où la réaction du muscle succède à l'irritation du nerf avec une rapidité telle qu'on ne saurait la mesurer. On peut donc réellement comparer les nerfs sympathiques à des demi-conducteurs ou des demi-isolateurs, que la cause retardatrice ou isolante réside dans les ganglions ou dans les fibres nerveuses elles-mêmes. Ceci accordé, on voit pourquoi la transmission du fluide s'opère ou s'accroît d'une manière périodique. Les parties ganglionneuses du grand sympathique, qui agissent comme demi-conducteurs, cherchent à retenir le fluide nerveux. Le courant général, qui suit la distribution périphérique des nerfs, tend, au contraire, à pousser jusqu'aux muscles organiques. Lorsque certaines parties du nerf sympathique, agissant comme demi-conducteurs, ont arrêté une certaine quantité du principe nerveux, elles la retiennent jusqu'à ce que le principe nerveux qui afflue vers elles ait atteint le maximum qu'elles peuvent enchaîner; alors elles l'abandonnent subitement aux muscles organiques, et le jeu recommence. Si ce phénomène a lieu dans le nerf grand sympathique jusqu'à sa distribution périphérique dans les muscles, les ganglions, qui se répètent en petit à plusieurs reprises différentes, doivent jouer là un rôle principal, comme demi-conducteurs ou isolateurs imparfaits du principe nerveux. Je répète encore que je m'abstiens rigoureusement d'identifier le fluide nerveux et le fluide galvanique; car les isolateurs et les conducteurs du premier ne sont pas ceux du second.

Les mouvements qui dépendent du nerf grand sympathique n'ont pas tous un type intermittent; quelques uns, comme ceux des sphincters, en ont un continu. Ici la transmission du principe nerveux ne souffre pas d'interruption. Le sphincter de la vessie est presque toujours actif, et son activité ne s'interrompt que pour de courts espaces de temps. Il est digne de remarque que cet effet a lieu précisément dans un organe dont les nerfs appartiennent non seulement au système organique, mais encore au système animal, qui permet au principe nerveux de former un courant continu. La vessie urinaire reçoit ses nerfs à la fois du plexus hypogastrique, et des troisième et quatrième paires sacrées. La contraction continue de son sphincter dépend moins aussi du grand sympathique que du système nerveux animal et des organes centraux. La contractilité de ce muscle est anéantie dans les maladies du cerveau et de la moelle épinière. Tandis que les mouvements placés sous l'influence exclusive du nerf grand sympathique se maintiennent indépendamment du cerveau et de la moelle épinière, et qu'ils persistent même dans des parties séparées du corps, le sphincter de la vessie se trouve frappé de paralysie aussitôt après la section de la moelle épinière, tout comme celui de l'anus, dont les mouvements reconnaissent l'empire de la volonté.

Si les nerfs organiques ont la faculté de retenir le principe nerveux et de ne point le laisser s'échapper rapidement, on conçoit d'après cela pourquoi les organes qui reçoivent des filets du grand sympathique conservent leurs mouvements pendant longtemps encore, indépendamment du cerveau et de la moelle épinière. Cependant ces organes ne sont pas totalement et à tout jamais indépendants des parties centrales du système nerveux. Après des veilles prolongées, et dans les

maladies aiguës qui s'accompagnent d'une forte impression sur les organes centraux, on s'aperçoit plus tard de cette influence, qui ne peut pas se prononcer aussi vite que dans les parties pourvues de conducteurs appartenant au système animal; en effet, dans ce cas, la force du cœur et d'autres muscles organiques se trouve épuisée.

Mouvements automatiques qui dépendent des organes centraux.

Comme les mêmes muscles agissent dans la respiration involontaire et dans certains mouvements volontaires, on devrait se trouver conduit à penser que les deux espèces de mouvements exécutés par les mêmes muscles sont dus à l'influence des nerfs différents. Ch. Bell a voulu établir que l'un des mouvements peut y être aboli, tandis que l'autre persiste. Lorsqu'il disait à un hémiplégique de lever les épaules, ce malade ne pouvait, malgré tous ses efforts, soulever que l'épaule du côté sain. Les mouvements volontaires de la poitrine étaient abolis du côté malade, et néanmoins, quand Bell faisait exécuter une inspiration profonde au sujet, l'épaule du côté malade s'élevait, aussi bien que celle du côté opposé. Ce fait prouve seulement que l'homme qui a le pouvoir de faire une inspiration profonde possède encore l'empire de la volonté sur ces muscles. Mais Ch. Bell l'expliquait en disant que le nerf accessoire, qui se distribue au trapèze et au sterno-cléido-mastoïdien, peut être paralysé comme nerf de la respiration, tandis que les branches des nerfs rachidiens qui se rendent à ces muscles conservent leur action; dans cette hypothèse, les deux muscles peuvent perdre la faculté de contribuer à la respiration en débarrassant la poitrine du poids des épaules, sans que le mouvement volontaire soit aboli, et *vice versa*. Bell pratiqua la section du nerf accessoire sur un âne, et remarqua que les muscles trapèze et sterno-cléido-mastoïdien cessaient de se contracter pendant la respiration, bien qu'ils conservassent leurs mouvements volontaires. Pour ce qui concerne le nerf accessoire, on peut accorder le fait, quoiqu'il ne soit pas encore suffisamment démontré, et qu'à coup sûr ce nerf puisse, tout aussi bien que les rachidiens, solliciter le muscle trapèze à des mouvements purement volontaires. Beaucoup de muscles respiratoires, comme, entre autres, le diaphragme, ne reçoivent qu'une seule espèce de nerfs, et rien n'autorise à penser que ces nerfs renferment des fibres spéciales consacrées aux mouvements respiratoires, en outre d'autres fibres chargées de présider aux mouvements volontaires. Nous agissons sur les mêmes fibres nerveuses quand nous respirons involontairement suivant un rhythme déterminé, et lorsque nous changeons ce rhythme par un acte de notre volonté.

La cause du type et du rhythme de ces mouvements ne réside point dans les nerfs des muscles de la vie animale, mais dans le cerveau et la moelle épinière. Les nerfs cérébraux et rachidiens se comportent à leur égard comme simples conducteurs des déterminations émanées de l'encéphale et du prolongement rachidien; ces conducteurs viennent-ils à être coupés, le mouvement automatique cesse. Telle est la relation du diaphragme et de tous les muscles respiratoires avec leurs nerfs; telle est aussi l'action du sphincter de l'anus, etc. Les mouvements automatiques de la vie animale qui se rapportent ici ont également un type ou intermittent ou continu. Dans le premier cas sont les muscles respiratoires, et dans le second les mouvements des sphincters. Tous les mouvements dont il s'agit en ce moment sont

exécutés par des muscles qui, indépendamment de leur motilité automatique, sont encore soumis à la volonté.

Mouvements automatiques du système animal à type intermittent.

Aux mouvements respiratoires appartiennent ceux du diaphragme, des muscles abdominaux, des muscles pectoraux, et des muscles laryngiens qui ouvrent et ferment la glotte. Il s'y joint, en outre, dans certaines circonstances, des mouvements de la face, et quelquefois, pendant le sommeil, des mouvements du voile du palais. Les nerfs qui entrent alors en jeu sont, dans les cas ordinaires, le phrénique, l'accessoire, le vague, une grande partie des rachidiens, et, pour les mouvements respiratoires de la face, le facial. La paire vague ne prend qu'une faible part aux mouvements respiratoires, bien qu'elle soit chargée de pourvoir l'organe dans lequel s'accomplit le travail chimique de la fonction, le poumon; son rôle, pour la respiration, se réduit à l'empire qu'elle exerce sur les mouvements des petits muscles du larynx; encore même provient-il uniquement des filets qu'elle reçoit du nerf accessoire. Les poumons n'ont rien à faire avec les mouvements respiratoires : toute la partie inférieure de la paire vague, qui est la plus considérable, ne possède pas d'influence motrice, même sur l'estomac, et les fonctions de ce nerf, dans les poumons, consistent évidemment à régler les sensations de ces organes, à leur amener une certaine quantité de fibres organiques du grand sympathique pour régulariser les phénomènes chimiques. Tous les mouvements respiratoires d'une espèce, par quelque nombre de nerfs qu'ils soient provoqués, ont lieu en même temps; ils doivent donc avoir une cause commune : or Legallois a prouvé que cette cause réside dans la moelle allongée. En séparant la moelle allongée de la moelle rachidienne, on suspend l'influence de la première sur tous les nerfs respiratoires qui naissent de la seconde au-dessous de la section; toute lésion de la moelle épinière qui a lieu au-dessus de l'origine du quatrième nerf cervical supprime la part que le nerf phrénique prend à la respiration. Celle de la paire vague persiste, tant qu'on n'offense pas l'origine de ce nerf à la moelle allongée; dès qu'on la coupe, la glotte cesse de se mouvoir. Mais la source de tous les mouvements respiratoires simultanés se trouve détruite par une lésion de la moelle allongée, tandis que la lésion des parties cérébrales situées au-devant de cette dernière ne porte point atteinte aux mouvements rhythmiques de la respiration. La cause de l'action rhythmique de tous ces nerfs, qui, d'ailleurs, sont susceptibles aussi d'obéir aux ordres de la volonté, réside donc dans la moelle allongée, qu'ils naissent, du reste, ou du cerveau ou de la moelle épinière. Quelle idée doit-on se faire de ce rhythme? Consiste-t-il en une seule excitation des muscles inspirateurs, qui agit périodiquement, ou bien en deux excitations consécutives et alternatives, d'abord des inspirateurs, ensuite des expirateurs? Le problème serait plus simple si le premier cas avait lieu. En effet, la respiration d'un homme parfaitement tranquille, en tant qu'elle est produite par des mouvements vivants, ne se compose que d'inspirations périodiques au moyen du diaphragme, des muscles de la poitrine et de ceux du larynx. L'expiration a lieu par l'élasticité et l'abaissement spontané des parties précédemment distendues et soulevées. La pression des muscles, par exemple de ceux du bas-ventre, joue un rôle ici, mais

peut-être seulement en tant qu'elle porte sur les viscères abdominaux, qui, de cette manière, sont refoulés en arrière, soulèvent le diaphragme, et rétrécissent ainsi la cavité thoracique. Quelquefois, lorsque l'inspiration a lieu d'une manière abrupte et soudaine, par l'effet de causes internes, l'expiration ne change pas pour cela de rhythme, et s'effectue peu à peu, comme de coutume. Cependant, toutes les fois que l'inspiration s'exécute avec plus de force et de fréquence sous l'influence d'un état d'irritation, le mouvement de l'expiration devient actif aussi, de sorte qu'alors le rhythme des mouvements respiratoires provoqué dans la moelle épinière offre deux temps distincts, comme le battement du cœur : chez les grenouilles, ce rhythme a même régulièrement trois temps, tandis que le battement du cœur en présente quatre, depuis le mouvement des veines caves jusqu'à celui du bulbe de l'aorte. Si nous voulons traduire tout ce qui précède en langage physiologique, il faut dire que, durant la respiration, il s'opère dans la moelle allongée une décharge du principe nerveux vers tous les muscles inspirateurs, et que, bientôt après, du moins fréquemment, a lieu un mouvement, soit courant, soit oscillation, de ce principe vers les muscles expirateurs (1). La recherche des causes de ce mouvement embrasse deux questions.

1° Qui est-ce qui excite la moelle allongée à opérer ces décharges du principe nerveux vers les nerfs respiratoires, après la naissance, puisque rien de semblable n'a lieu chez le fœtus? Ou la cause excitatrice est dans des sensations qui partent des organes respiratoires, et qui, en suivant la paire vague, vont faire impression sur la moelle allongée; ou bien elle tient à l'action du sang artériel sur cette portion si éminemment irritable du système nerveux. La sensation que l'air atmosphérique cause dans les poumons et le besoin de respirer qui se fait sentir dans ces organes ne sauraient être la cause, ni au moment de la première respiration ni plus tard; c'est ce que prouvent des expériences faites par moi sur des lapins, où j'ai rendu ces sensations impossibles en coupant les deux nerfs vagues et les rameaux laryngés supérieurs, même en détachant totalement le larynx, sans que le rhythme des mouvements respiratoires discontinuât pendant plusieurs heures, jusqu'à la mort de l'animal. La théorie de Kind (2), qui considère la respiration comme un mouvement réflexe, dû à l'irritation que l'air atmosphérique produit sur les nerfs de la peau et qui se transmet à la moelle épinière, n'est pas très vraisemblable. Une

(1) Henle (*Zeitschrift fuer rationnelle Medizin*, 1842, t. I, p. 249) pense que les bronches jouissent de la contractilité organique à un haut degré, et que, si elles n'ont aucune influence sur l'expansion et les mouvements rhythmiques des poumons, elles sont au moins l'agent principal de l'expiration. Il leur attribue un mouvement péristaltique sans lequel on ne pourrait expliquer les phénomènes de l'expectoration. Les faits pathologiques et l'observation de Prochaska et Reisseisen, qui ont vu le poumon vivant abandonné à lui-même se contracter plus que le poumon mort, sont les principaux arguments dont il appuie son opinion. Il cite aussi des expériences dans lesquelles Wedemeyer aurait vu les bronches se contracter. A ce point de vue, nous devons rappeler que Longet (*Archiv. gén.*, 1842, t. XV, p. 234) attribue aussi la contractilité musculaire aux fibres transversales des bronches, parce qu'il les a vues se contracter, chez des vaches et des bœufs, lorsqu'il irritait les branches de la paire vague au moyen du galvanisme. Il a de plus observé, après la section du nerf vague chez les animaux vivants, un emphysème dont la cause lui paraît être la paralysie de ces fibres, qui s'étendent jusque dans l'intérieur du poumon. (*Note du trad.*)

(2) *Voy.* Voltolini, *Diss. de motu respiratorio.* Berlin, 1842.

grenouille dépouillée de toute sa peau n'en continue pas moins de respirer comme auparavant. Peu importe qu'une grenouille ait le corps entouré d'air ou d'eau, elle n'en respire pas moins bien, pourvu que sa tête se trouve dans l'air. Si l'irritation de la peau par l'eau suffisait pour provoquer les mouvements respiratoires, le fœtus des mammifères devrait en exécuter aussi dans la matrice. Il est donc évident que la cause de la première respiration et de toutes celles qui suivent est de nature à ne pas pouvoir agir sur le fœtus, mais à exercer son action sur l'enfant aussitôt après la naissance, et qu'elle ne tient point à la sensation de l'irritation que détermine l'air atmosphérique, soit dans le poumon, soit à la peau. Elle ne saurait être autre que le sang artériel, qui se produit dès que l'air pénètre dans l'organe pulmonaire, qui, en moins d'une minute, arrive au premier mobile de tous les mouvements respiratoires, la moelle allongée, et qui excite cette partie du cerveau à décharger le principe nerveux dans les nerfs respiratoires placés sous sa dépendance. Telle est la cause continuelle des mouvements respiratoires durant la vie entière ; et ce qui le démontre, c'est qu'en tenant des grenouilles plongées pendant quelques heures dans du gaz hydrogène, je les voyais, au bout de quelque temps, cesser de respirer, quoiqu'elles vécussent encore : d'abord les mouvements respiratoires reparaissent chez elles pour quelques instants, lorsqu'on les secoue dans le vase clos ; plus tard, elles semblaient asphyxiées : si, au bout de deux ou trois heures, on les reporte à l'air atmosphérique, elles ont l'apparence d'être complétement mortes, et l'on n'observe en elles aucune trace ni de mouvement ni de sentiment. Qu'on ouvre alors la poitrine : si le cœur ne bat plus, l'animal ne revient pas à la vie ; si le cœur bat encore, fût-ce même à des intervalles fort éloignés, d'une demi-minute à une minute entière, il suffit de laisser la grenouille tranquille pour la voir, en général, se ranimer, sans nulle excitation du dehors, si ce n'est l'oxydation graduelle du sang dans les vaisseaux pulmonaires, oxydation dont le défaut était la cause de l'asphyxie. Quelque faibles et rares que puissent être les battements du cœur, le sang chargé d'oxygène finit cependant par arriver de nouveau à l'encéphale, à la moelle allongée, et celle-ci recommence à fournir un écoulement de principe nerveux. Les premiers signes du retour à la vie s'annoncent par la rétraction des pattes quand on en pince la peau ; bientôt la grenouille respire de temps en temps, et au bout de quelques heures elle a repris toute sa vivacité. Ainsi le sang artériel est la cause qui excite la moelle allongée à décharger le principe nerveux dans les muscles respiratoires.

2° Quel est le régulateur du rhythme des mouvements respiratoires? L'incitation de la moelle allongée par le sang artériel est continue, et, quoiqu'à chaque battement du cœur, le sang coule avec une impulsion plus forte dans les petites artères, cet accroissement saccadé de son mouvement n'est point en rapport avec les périodes du mouvement respiratoire. Comment l'incitation continue de la moelle allongée se transforme-t-elle en un mouvement périodique du principe nerveux de cet organe? Au premier abord, la question semble pouvoir être résolue par une supposition analogue à celle que nous avons faite pour les mouvements automatiques du système organique. S'il y a, dans la moelle allongée, une cause quelconque d'isolation qui empêche le principe nerveux de se décharger à mesure qu'il est produit par l'action du sang artériel sur la substance nerveuse, ce principe sera forcé de s'accumuler jusqu'au moment où il rompt la barrière qui le retenait

et fait irruption dans les nerfs respiratoires. Une autre solution du problème se fonderait sur le fait que, soit l'aptitude d'un nerf à conduire un courant ou une oscillation du principe nerveux, soit celle des muscles à obéir à l'impulsion nerveuse, est limitée et cesse au bout d'un certain laps de temps, jusqu'à ce qu'elle se soit rétablie par le travail de la vie dans les vaisseaux capillaires. Cette aptitude est manifestement bien plus grande dans les muscles des extrémités que dans ceux qui servent à la respiration; la preuve nous en est fournie par la durée des mouvements volontaires. Nous pouvons demeurer debout ou porter un fardeau pendant longtemps, mais il nous est impossible d'inspirer ni d'expirer autrement que durant un laps de temps très court; et, si nous cherchons à prolonger l'un ou l'autre mouvement, nous trouvons bientôt la limite de l'effort volontaire. Mais tout mouvement musculaire est susceptible de continuer très longtemps lorsqu'il alterne avec d'autres. Ici le principe nerveux ne manque pas, car il est employé à d'autres mouvements; ce qui manque, c'est, ou la conductibilité des nerfs, ou la contractilité des muscles, dont l'une ou l'autre, ou peut-être aussi toutes les deux, sont épuisées par le mouvement. La succession régulière de l'inspiration et de l'expiration, et la succession également régulière de trois temps chez la grenouille, annoncent assez clairement que ni la première explication ni la seconde ne suffisent, et qu'il y a dans la moelle allongée une cause inconnue faisant qu'à chaque mouvement du principe nerveux vers les muscles inspirateurs succède un autre mouvement de ce principe vers les muscles expirateurs, et *vice versa*, de manière que, comme dans le pendule et la balance, une direction est la cause nécessaire de la direction opposée. En effet, à la fin d'une longue inspiration volontaire, on sent, non seulement un épuisement des muscles respiratoires, mais encore le besoin d'exercer un autre effort qui soit en sens inverse de celui de l'inspiration : de même, après une longue expiration, on éprouve le besoin d'inspirer, auquel il nous est bien donné de résister pendant quelque temps, mais à la voix duquel nous ne pouvons pas demeurer sourds. Si la cause du mouvement alternatif n'existait pas déjà dans la moelle allongée, si elle ne tenait qu'à l'épuisement momentané des nerfs et des muscles, il serait en notre pouvoir de faire agir ou de laisser en repos simultanément les muscles inspirateurs et expirateurs. La cause de l'alternance ne peut pas être non plus dans le sentiment du besoin d'expirer l'air imprégné d'acide carbonique et d'en introduire un autre plus pur; car, après la section du nerf vague au cou et des deux nerfs laryngés supérieurs, toutes les sensations qui se rattachent à la respiration sont plus éteintes encore que durant le sommeil, et cependant les mouvements périodiques n'en continuent pas moins de s'accomplir chez les animaux. Il y a donc, dans la moelle allongée, une cause inconnue, en vertu de laquelle le principe nerveux, qui se développe sans discontinuer, se décharge alternativement dans une direction et dans l'autre. On a bien songé à faire dépendre ce rhythme de la différence que le resserrement et l'ampliation de la poitrine apportent dans la plénitude des gros troncs veineux et des veines du cerveau. Cependant cette hypothèse n'est au fond qu'un cercle vicieux. En outre, les poissons, dont les opercules, qui exécutent des mouvements périodiques, ne sauraient exercer aucune pression sur les veines, nous prouvent bien que cette impulsion est tout à fait indépendante d'influences extérieures. L'irritation continue de la moelle allongée par le sang artériel se transforme donc, par une cause

encore inconnue, en des décharges périodiques et alternatives du principe nerveux vers les fibres nerveuses des muscles inspirateurs et expirateurs, décharges dont l'une est toujours cause que l'autre s'effectue. Des irritations sensitives dans les organes respiratoires peuvent quelquefois donner lieu à une action réflective de la moelle allongée qui trouble cette succession : ainsi, par exemple, plusieurs expirations ont lieu de suite dans la toux, sans que chacune d'elles appelle une inspiration. Outre les mouvements respiratoires ordinaires, on en observe parfois, dans certains états du système nerveux, notamment dans la fatigue, et, après comme avant le sommeil, d'autres périodiques qui dépendent du cerveau : tel est le bâillement, qui consiste en une profonde inspiration, suivie d'une expiration profonde, avec affection du nerf facial, dont les branches dévolues à la face déterminent les contractions des muscles faciaux, et dont la branche destinée au muscle digastrique fait ouvrir largement la bouche. Ici se range encore le hoquet, qui survient sous forme périodique dans quelques affections nerveuses.

Les mouvements respiratoires ne sont pas les seuls mouvements automatiques périodiques ayant lieu dans le cours journalier de la vie, qui dépendent des parties centrales du système nerveux. Les muscles oculaires et l'iris en offrent un autre exemple pendant le sommeil. Chez l'homme qui dort, l'œil est placé un peu en dedans et en haut, et l'iris fort resserré, bien qu'entièrement dans l'ombre. Dès avant que l'on s'endorme, l'œil prend cette situation, et l'on reconnaît que les yeux se placent en dedans, d'après la situation des doubles images que la personne tourmentée par l'envie de dormir aperçoit lorsqu'une circonstance fortuite la force brusquement à observer. Comme dans le cas de convergence des yeux, ces doubles images sont placées, celle de l'œil droit à droite, et celle de l'œil gauche à gauche. J'ai prouvé plus haut que la pupille se rétrécit toutes les fois que les yeux se tournent en dedans, volontairement ou involontairement. Les deux phénomènes, qui dépendent du nerf oculo-musculaire commun, coïncident aussi ensemble pendant le sommeil. Donc, dans le sommeil, il s'accomplit toujours un mouvement involontaire des muscles oculaires et de l'iris, qui, durant la veille, n'est produit que par un acte de la volonté. Le principe nerveux, réparti entre tant de fonctions chez l'homme qui veille, se concentre pendant le sommeil dans une province particulière du cerveau et dans les conducteurs de ces mouvements. Cependant la situation des yeux en dedans lorsqu'on s'endort, et le rétrécissement de la pupille durant le sommeil, dépendent peut-être uniquement d'un antagonisme entre les diverses branches du nerf oculo-musculaire commun, de telle sorte que ces mouvements surviennent toutes les fois que l'élévateur de la paupière supérieure cesse d'agir.

Mouvements automatiques du système animal à type continu.

Les mouvements involontaires périodiques du système animal ne sont pas les seuls qui dépendent des parties centrales du système nerveux : certains mouvements continus, ou du moins rarement interrompus, se trouvent également sous la dépendance de ces parties. Tels sont ceux des sphincters de la vie animale. Quoique nous puissions à volonté rendre l'action de ces muscles plus énergique, ils n'en sont pas moins continuellement contractés, tant dans l'état de sommeil que

dans celui de veille ; il n'est pas en notre pouvoir d'interrompre volontairement leur action, à moins que nous ne la contrebalancions par celle de leurs antagonistes. Ceci s'applique surtout au sphincter de l'anus, et même à celui de la vessie, en tant que le système nerveux de la vie animale exerce aussi de l'influence sur ce dernier. La force et la contraction de ces muscles dépendent de la moelle épinière. Les lésions du cordon rachidien sont la cause de leur relâchement continu et de la sortie involontaire des excréments et de l'urine, effet auquel donnent également lieu quelquefois les passions déprimantes, qui affaiblissent l'énergie de la moelle épinière. Marshall Hall a fait voir que le sphincter de l'anus de la tortue conserve sa puissance aussi longtemps que la partie inférieure de la moelle n'est point détruite. L'action des sphincters doit dépendre d'une excitation motrice non interrompue des nerfs qui s'y rendent. Cependant, lorsque nous traiterons des mouvements par antagonisme, nous apprendrons à connaître des faits qui prouvent que les sphincters ne sont pas seuls exposés à une influence motrice continue, et qu'à proprement parler les muscles de la vie animale se trouvent dans le même cas qu'eux à cet égard.

D'après les faits qui ont été exposés jusqu'ici, nous voyons que des mouvements involontaires, les uns périodiques, les autres continus, dépendent du cerveau et de la moelle épinière. Nous observons la même chose dans les maladies de ces organes, dont les états s'expriment tant par des contractions permanentes que par des convulsions périodiques, souvent très régulières, par un branlement continuel de la tête, par des tremblements, ou même par des spasmes toniques revenant à des périodes fixes. Les causes de ces types sont inconnues : on sait seulement que des contractures permanentes ont lieu de préférence dans les cas de dégénérescences tout à fait locales et invariables, quoique ces altérations de texture puissent aussi déterminer des accès périodiques de spasmes. On peut dire, en général, que presque toutes les maladies nerveuses accompagnées de mouvements se dessinent par accès ; les spasmes tétaniques eux-mêmes qui proviennent d'une inflammation de la moelle épinière affectent cette forme, quoique la cause agisse sans interruption. Ces phénomènes, auxquels il faut joindre la périodicité des accès de l'épilepsie, malgré la persistance des causes, semblent annoncer que l'excitabilité des organes centraux s'éteint par la prolongation de l'impression des causes morbides sans cesse agissantes, tout comme l'aptitude des nerfs à recevoir les impressions sensitives cesse momentanément par l'effet du changement matériel qui en est inséparable, et que le pouvoir de réagir contre les influences dépend, dans les deux cas, du rétablissement de l'excitabilité pendant la période du repos. Parmi les phénomènes typiques de ce genre, on doit citer l'effacement de l'impression d'une tache colorée que l'on contemple longtemps, la réapparition de cette tache au bout d'un certain laps de temps, et la périodicité de la veille et du sommeil ; car, ici également, les réactions cessent quoique les impressions persistent, et elles se rétablissent d'elles-mêmes après un intervalle plus ou moins long.

MOUVEMENTS PAR ANTAGONISME.

Les mouvements musculaires ne surviennent pas seulement de temps en temps, à la suite des décharges du principe nerveux que le système nerveux opère sur

eux. Il y a des raisons d'admettre que, surtout dans le système musculaire de la vie animale, les fibres musculaires ne cessent jamais de se trouver dans un léger état de contraction, et que celle-ci persiste, bien qu'à un plus faible degré, durant ce qu'on appelle le repos. On peut s'en convaincre non seulement par la rétraction qu'un muscle vivant éprouve lorsqu'on le coupe en travers, mais encore, et d'une manière bien plus sensible, par la force contractile considérable que les muscles déploient d'eux-mêmes quand leurs antagonistes sont coupés ou frappés de paralysie. Dans la paralysie d'un côté de la face, les muscles du côté opposé se contractent d'eux-mêmes, et attirent à eux les traits du côté malade. Dans la paralysie d'une moitié de la langue, cet organe est constamment tiré du côté opposé. Après l'extirpation de la portion moyenne de la mâchoire inférieure, qui fait perdre leur point fixe aux muscles chargés de ramener en avant l'os hyoïde (ventre antérieur du digastrique, mylo-hyoïdien, génio-hyoïdien) et la langue (génio-glosse); l'hyoïde et la langue sont tirés avec tant de force en arrière, le premier par le stylo-hyoïdien et la seconde par le stylo-glosse, qu'il y a danger imminent de suffocation. D'après tous ces faits, on voit que le repos de diverses parties de notre corps n'est pas l'expression d'un repos absolu des muscles; que, loin de là, divers groupes de muscles se font équilibre par l'action égale qu'ils exercent en sens inverse les uns des autres, et que, toutes les fois qu'une partie sort de sa situation moyenne, ou de ce qu'on appelle son état de repos, le mouvement d'un ou de plusieurs des muscles antagonistes devient plus fort. Il y a des groupes antagonistes de muscles dans presque toutes les parties du corps. Aux membres, ce sont les fléchisseurs et les extenseurs, les supinateurs et les pronateurs, les abducteurs et les adducteurs, les rotateurs en dehors et les rotateurs en dedans. Fréquemment aussi les faisceaux de fibres nerveuses destinées à ces groupes sont réunis en nerfs spéciaux. Ainsi, par exemple, les fléchisseurs de la main et des doigts reçoivent leurs filets du nerf médian et du cubital; ceux des extenseurs proviennent du nerf radial; le nerf musculo-cutané anime les fléchisseurs de l'avant-bras, et le radial ses extenseurs. Les extenseurs de la jambe dépendent du nerf crural, et les fléchisseurs du sciatique. Les muscles péroniers, qui soulèvent le bord externe du pied, appartiennent au nerf péronier, et le tibial postérieur au nerf tibial. Les moteurs du pied et des orteils en arrière et en bas sont pourvus par le nerf tibial, et ceux qui meuvent ces organes en sens inverse le sont par le nerf péronier. Les spasmes qui affectent si souvent une direction déterminée dans les maladies de la moelle épinière, comme l'opisthotonos, l'emprosthotonos, et le pleurotonos, montrent aussi que le mouvement simultané des extenseurs ou des fléchisseurs doit être favorisé par la disposition des fibres dans les parties centrales, quoique l'opinion de Bellingeri, qui faisait présider les cordons antérieurs de la moelle à la flexion, et les postérieurs à l'extension, n'ait point de base expérimentale. Il ne faut cependant pas donner trop d'extension à cette remarque. Le fait précédemment mentionné de la répartition des nerfs n'est point général. Il arrive quelquefois qu'un même nerf fournit des filets à des muscles antagonistes: ainsi le grand hypoglosse en donne aux abaisseurs de l'hyoïde et à l'un de ses protracteurs; le nerf péronier en fournit aux muscles péroniers, qui élèvent le bord externe du pied, et au tibial antérieur, qui agit en sens inverse de ceux-là. Les muscles antagonistes peuvent s'associer avec la plus grande facilité dans leurs effets; les péroniers et le tibial antérieur devien-

nent élévateurs du pied quand ils agissent ensemble. Le fléchisseur radial et les extenseurs radiaux de la main deviennent abducteurs de cet appendice lorsqu'ils se contractent simultanément. L'hypothèse de Ritter, qui supposait un antagonisme entre les fléchisseurs et les extenseurs par rapport à l'excitation galvanique, ne s'est point confirmée.

Certains muscles sont tellement disposés qu'ils n'ont que de faibles antagonistes, ou même qu'ils en manquent; dans ce cas, leur action tend toujours à donner une situation déterminée aux parties. Ainsi il y a beaucoup de muscles pour opérer la rotation de la cuisse en dehors, comme les fessiers, les obturateurs, le pyriforme, les jumeaux, le carré; mais la rotation de la cuisse en dedans n'est confiée qu'à un muscle faible, celui du fascia lata, etc.; d'où résulte la tendance involontaire à tourner le membre entier en dehors quand on marche, qu'on s'assied ou qu'on se couche. Les sphincters sont aussi des muscles sans antagonistes proprement dits. On peut donc expliquer l'occlusion continuelle, par eux, des ouvertures qu'ils garnissent, d'après le fait bien constaté que la constriction de tous les muscles ne cesse jamais, même dans l'état de repos. Par cela seul que ces muscles n'ont pas de véritables antagonistes, ils doivent demeurer fermés, sans qu'il soit nécessaire qu'un courant du principe nerveux se dirige vers eux. Ils s'ouvrent quand le contenu de la vessie ou du rectum s'est accumulé, et que les contractions plus fortes des parois, excitées par ce contenu, le poussent contre eux. L'iris, qui est aussi un sphincter, se contracte continuellement pendant la veille, et avec plus de force encore durant le sommeil. On voit, pendant la veille, cette membrane onduler sans cesse, même sous l'influence d'une lumière dont l'intensité ne varie pas.

L'antagonisme des mouvements musculaires a une grande importance en pathologie. La destruction de l'équilibre de ces mouvements peut donner lieu à des déviations. Le pied bot, par exemple, qui se développe chez les enfants, tantôt après les premiers mois de la grossesse, tantôt après la naissance, dépend fort souvent d'une rupture de l'équilibre entre les muscles qui élèvent le bord interne et le bord externe du pied, et il suffit de rétablir cet équilibre pour le guérir. Ou les muscles qui lèvent le bord interne du pied, les péroniers, sont à demi paralysés, ou ceux qui lèvent le bord interne sont atteints de contracture. Dans les deux cas, le pied doit être amené en dedans par le muscle tibial postérieur. Peu à peu aussi la position des os change dans les articulations : l'os naviculaire se tourne généralement en dedans, et la tête de l'astragale, mise à nu en partie, fait saillie sur le cou-de-pied. Dans le pied équin, où le talon est fortement élevé, et où le sujet marche sur les orteils, les gastrocnémiens sont contracturés, et cependant parfois atrophiés. Car il y a un état de faiblesse, presque paralytique, des muscles, qui coïncide avec leur contracture (1), et nous avons même vu la contracture des gastrocnémiens accompagner leur atrophie.

Quoique les déviations de la colonne vertébrale aient fréquemment pour cause une inflammation scrofuleuse des ligaments intervertébraux et des vertèbres, avec ramollissement, gonflement, suppuration et perte de substance, elles proviennent

(1 Ollivier, *Traité de la moelle épinière et de ses maladies*, t. II, p. 789. — Cruveilhier, *Anat. pathologique*, 2e livraison, in-fol. — *Bulletin de l'Académie de médecine*, t. II, p. 800, t. III, p. 177, t. VI, p. 201.

bien plus souvent encore d'une rupture de l'équilibre entre les muscles du tronc. On reconnaît ces sortes de scolioses à ce qu'il n'existe aucun signe de rachitisme, et à ce que les exercices gymnastiques corrigent la difformité. Ces phénomènes ont donc de l'analogie avec ceux qu'on observe dans le pied bot et dans le pied équin. La paralysie des muscles pectoraux d'un côté, qui accompagne la suppuration d'un poumon, n'est qu'apparente : ce côté de la poitrine cesse de pouvoir se soulever, parce que le poumon ne peut plus être distendu.

MOUVEMENTS RÉFLEXES.

J'ai déjà expliqué fort au long la nature des mouvements réflexes. Cette classe comprend tous ceux qui se manifestent à la suite d'une excitation de nerfs sensitifs, et dans lesquels les courants centripète et centrifuge passent par le cerveau et la moelle épinière. On peut en distinguer deux groupes principaux.

Mouvements réflexes du système animal.

A ce groupe se rapportent les mouvements réflexes des muscles recevant leurs filets nerveux des nerfs cérébraux et rachidiens, que l'excitation centripète ait pris naissance dans les nerfs de la vie animale ou dans ceux de la vie organique, par exemple à la peau ou au canal intestinal. Tels sont la toux par irritation de la membrane muqueuse des poumons et du larynx ; le vomissement par irritation de la membrane muqueuse du pharynx, de l'estomac, de l'intestin ; le ténesme vésical et anal par irritation de la membrane muqueuse de la vessie et du rectum, en tant qu'il est accompagé de mouvements musculaires étendus ; l'éternument par irritation du nerf optique et des nerfs du nez ; le mouvement de l'iris par irritation du nerf optique ; la contraction du pharynx par les attouchements exercés sur sa membrane muqueuse ; enfin une foule de phénomènes dont la théorie des mouvements réflexes peut seule donner l'explication. Cette catégorie comprend encore tous les spasmes, dits sympathiques, qu'on rencontre dans les maladies accompagnées d'irritations sensitives, les convulsions des enfants et des femmes, dont le point de départ est si sujet à varier, etc. Les mouvements réflexes qui succèdent à des irritations de nerfs sensitifs sont, la plupart du temps, des contractions passagères, parfois aussi des contractions soutenues de muscles soumis à l'empire de la volonté. Toutes les fois que la moelle épinière se trouve irritée à un haut degré par un stimulus qui fait naître des sensations, les mouvements réflexes involontaires des muscles soumis à la volonté peuvent prendre le caractère de contractions rhythmiques qui se succèdent avec rapidité. Tels sont le tremblement déterminé par l'application du moxa, ou par le séjour prolongé dans un bain froid, et le claquement de dents qu'on éprouve aussi à la sortie de ce dernier. Cependant, ce qu'il y a de plus remarquable, à cet égard, ce sont les contractions rhythmiques des muscles du périnée après l'irritation voluptueuse des parties génitales, et l'expulsion également rhythmique de la semence par ces mouvements. Le caractère saccadé de l'éjaculation est d'autant plus digne de fixer l'attention que les vésicules séminales paraissent ne pas se contracter d'une manière rhythmique, et n'avoir qu'un mouvement vermiforme continu. Par ce dernier mouvement, leur contenu

arrive continuellement dans l'urèthre ; par les contractions rhythmiques du muscle bulbo-caverneux, il est forcé de parcourir le canal, et dardé au dehors.

Mouvements réflexes du système organique.

Ici se rangent les mouvements réflexes des muscles qui n'obéissent jamais aux ordres de la volonté, soit que l'irritation centripète propagée au cerveau et à la moelle épinière parte des nerfs cérébro-rachidiens, soit qu'elle ait sa source dans des organes pourvus par le système nerveux de la vie organique. Ces phénomènes ont déjà été amplement examinés.

Toute irritation sensitive qui agit sur une partie quelconque peut changer l'action du cœur, par un phénomène de réflexion : la moelle épinière joue alors toujours le rôle d'intermédiaire. Cependant je dois insister sur une remarque dont il n'a pas été question précédemment : je veux dire la part que la réflexion prend à ce que nous appelons fièvre. Cette ombre de la maladie, qui occupe tant de parties du corps, et qui néanmoins a généralement, peut-être même toujours, une cause purement locale, n'est pas seulement accompagnée de changement dans les battements du cœur, et par conséquent aussi dans le pouls ; elle s'exprime encore par un ensemble de symptômes dont la moelle épinière seule est le lien unissant. La sensation générale de la violence d'une maladie, l'accablement, ne peut être autre chose que l'expression de l'impression qu'une violente maladie locale fait sur la moelle épinière. Les sensations de chaud et de froid, le frisson, sont des symptômes qui ne reposent que sur l'état de cet organe. Le changement de la plupart des sécrétions, tant de la partie organique que de la partie animale du corps, ne peut non plus s'expliquer qu'au moyen de cet organe central, qui, s'il ne domine pas également les deux systèmes, leur sert au moins de régulateur. L'apparition du délire n'annonce que l'intensité de l'impression faite sur les organes centraux. Si tous ces phénomènes d'une cause locale trouvent leur explication, non dans les propriétés énigmatiques du grand sympathique, mais dans l'aptitude bien connue de la moelle épinière et du cerveau à provoquer des effets réflexes, le changement que les battements du cœur subissent constamment pendant la fièvre doit être considéré comme l'expression de la réflexion. Les affections locales des nerfs cérébraux et rachidiens ne produisent pas aisément cette impression sur la moelle épinière que nous appelons fièvre : il leur arrive souvent, sans doute, de donner lieu aussi à des phénomènes de réflexion, par exemple, à des spasmes ; mais ils n'entraînent pas tout ce cortége de symptômes qui embrasse la fréquence du pouls, le changement des sécrétions, celui des sensations, et celui du développement de la chaleur, jusqu'au délire. Au contraire, rien ne provoque plus facilement les symptômes fébriles qu'un changement violent des actions organico-chimiques dans les vaisseaux capillaires d'une partie quelconque, que ce soit ou un changement de l'état des membranes muqueuses, ou une inflammation parenchymateuse. Comme, dans tous ces changements, le système nerveux organique non seulement joue un rôle, mais encore, et plus sûrement, doit transmettre l'impression à la moelle épinière et au cerveau, on est tenté d'admettre que l'impression propagée d'un organe à la moelle épinière, et en même temps au cerveau, et de là réfléchie sur d'autres parties, dépend d'une vive sympathie des nerfs organiques d'un organe quelconque, dans l'inflammation ou autres irritations.

MOUVEMENTS ASSOCIÉS.

Les phénomènes que présentent les mouvements associés ont déjà été examinés dans la physique des nerfs. Ce qu'ils offrent de particulier consiste en ce que l'impulsion d'un mouvement volontaire détermine simultanément un mouvement involontaire. C'est ainsi que le mouvement de l'iris accompagne la torsion de l'œil en dedans. L'association des mouvements est d'autant plus grande que le système nerveux est moins développé. L'éducation seule nous apprend à isoler l'influence nerveuse, quand nous exécutons un mouvement volontaire, de telle sorte qu'elle ne se concentre que sur une certaine somme de fibres primitives partant du cerveau. L'homme maladroit fait beaucoup de mouvements associés quand son intention est d'exécuter tel ou tel acte. Le joueur de piano nous montre l'extrême opposé, le cas d'une personne qui a porté au plus haut point de perfection la faculté d'isoler l'influence nerveuse sur certains groupes de mouvements. Le défaut d'isolation rend la physionomie insignifiante; c'est en grande partie au perfectionnement de cette faculté qu'il faut rapporter l'expression des traits de la face. Les mouvements faciles à associer ensemble sont ceux de parties homonymes appartenant aux deux côtés du corps, et ceux d'organes qui dépendent d'un même tronc nerveux. Le mouvement toujours simultané des deux iris offre un exemple du premier genre. Cette tendance aux mouvements associés existe même à la face et aux extrémités. Il est difficile, parfois même impossible, de faire agir isolément une paupière ou les muscles auriculaires, et, lorsque nous cherchons à tourner rapidement les deux bras en sens inverse, nous sentons au-dedans de nous une résistance qui trouble à chaque instant ces mouvements, pour les ramener, sans le concours de la volonté, à des mouvements identiques des deux membres.

Quelques uns des faits les plus remarquables d'association de mouvements et d'antagonisme ont lieu dans les muscles de l'œil. Les branches homonymes des nerfs oculo-musculaires communs des deux yeux ont une tendance aux mouvements associés, qui leur est innée, et qu'on ne peut considérer comme acquise par l'exercice. Nous sommes obligés de porter les deux yeux ensemble en haut, en bas et en dedans; personne ne peut tourner simultanément l'un de ces organes en dedans et l'autre en dehors. Comme cette tendance à l'association de mouvements existe dès la naissance, et avant l'éducation du sens de la vue, elle ne peut avoir sa source que dans l'organisation des origines des nerfs oculo-musculaires. Mais, quelque frappante qu'elle soit dans les muscles droits homonymes qui reçoivent des filets de ces nerfs, il n'est pas moins digne de remarque qu'elle manque dans les muscles droits externes des deux yeux et dans les deux nerfs abducteurs. Nous pouvons bien faire agir ensemble, jusqu'à un certain degré, les deux nerfs abducteurs, et par eux les muscles droits externes des deux yeux, en diminuant la convergence des axes visuels, et amenant les yeux jusqu'au point où ces axes sont parallèles; mais là se trouve la limite, et, quelque effort qu'on fasse, personne ne saurait aller jusqu'à rendre ses yeux divergents. La raison n'en est point dans la faiblesse des muscles droits externes, non plus que dans leur mode d'insertion, car ces muscles sont droits, comme leurs trois congénères. Le phénomène n'est point non plus un résultat de l'habitude, car il date de la naissance, et le nou-

veau-né, quoique incapable encore de fixer le regard sur rien, peut donner toutes les positions à ses yeux, hors les rendre divergents. On ne saurait également l'expliquer par l'antagonisme du muscle droit interne, qui reçoit ses filets du nerf oculo-musculaire. Le droit externe d'un œil peut porter l'organe tout à fait en dehors, par l'action du nerf abducteur; mais les deux abducteurs ne peuvent accomplir ensemble ce que chacun d'eux seul a la faculté de faire. En un mot, les branches homonymes des deux nerfs oculo-musculaires ont une tendance innée à l'association de mouvement, et non seulement cette tendance manque aux deux nerfs abducteurs, mais encore l'action prononcée de l'un est exclusive de celle de l'autre. Ces tendances préétablies dans les deux nerfs sont de la plus haute importance pour les mouvements des yeux relatifs à la vue. Supposons qu'au lieu de donner le nerf abducteur au muscle droit externe, la nature lui eût envoyé une branche de l'oculo-musculaire commun; la tendance à l'association de mouvement, qui appartient aux branches homonymes de ce dernier nerf, aurait rendu la divergence des deux yeux aussi facile que la convergence; mais alors nous n'aurions pas la faculté de porter simultanément ces deux organes, l'un en dehors, l'autre en dedans, avec parallélisme ou convergence des axes visuels, comme nous faisons lorsque nous regardons obliquement des objets placés de côté. Le muscle droit externe d'un œil tendrait à associer ses mouvements à ceux du muscle droit externe de l'œil opposé, comme il arrive aux branches homonymes des deux oculo-musculaires. Les deux yeux seraient donc alors tirés simultanément ou vers le haut par le muscle droit supérieur, ou vers le bas par l'inférieur, ou en dedans par l'interne, ou en dehors par l'externe : il y aurait impossibilité absolue de tourner l'un en dedans et l'autre en dehors. Pour que ce dernier mouvement fût possible, il y avait nécessité d'un nerf spécial, du nerf abducteur, qui n'eût point de tendance à l'association de ses mouvements avec ceux du nerf de l'autre côté. Dès lors, en effet, l'un des deux yeux peut être porté en dehors par l'abducteur, et l'autre en dedans par le droit interne. A la vérité, la tendance des deux droits internes à l'association de mouvement fait bien que, dans ce dernier mouvement, l'œil porté en dehors a éprouvé une certaine tendance à se tourner en dedans; mais cette tendance est vaincue par l'action plus forte que le nerf abducteur exerce sur lui : or, nous sentons parfaitement ce mouvement plus fort du muscle abducteur, lorsque nous faisons effort pour porter un œil tout à fait en dehors. Cette théorie, fondée sur des faits certains, explique parfaitement une circonstance dont on n'avait jamais pu se rendre raison jusqu'à présent, la présence, chez tous les mammifères, d'un nerf particulier, le nerf abducteur, pour le muscle droit externe (1).

On explique aussi de la même manière pourquoi le muscle oblique supérieur de l'œil devait recevoir un nerf spécial, le pathétique, qui n'a également point de tendance à associer ses mouvements à ceux du nerf du côté opposé. Examinons d'abord quels sont les effets des muscles obliques. L'inférieur tire l'œil en dedans et en haut, comme il est facile de s'en convaincre sur le cadavre, l'orbite demeurant intact, en mettant la partie antérieure du muscle à découvert et exerçant ensuite une traction sur son origine. L'oblique supérieur tourne l'œil en bas et un peu en dehors. Bell l'a démontré par des expériences sur les animaux et sur les

(1) *Comp.* Jessen, *Beitræge zur Erkenntnisc des psychischen Lebens*, 1831, p. 163.

cadavres. Dans une expérience instituée par moi, et qui consistait à découvrir le muscle par en haut, sans déranger l'œil de son coussin graisseux, puis à tirer sur lui, j'ai toujours vu l'œil décrire un segment de cercle de haut en bas et un peu de dedans en dehors. Le mouvement en dehors par l'oblique supérieur est beaucoup moins étendu que celui en dedans par l'oblique inférieur. Quand les deux muscles agissent ensemble, l'œil est poussé en avant et placé en dedans. Le muscle oblique supérieur n'a aucune tendance à associer ses mouvements à ceux du muscle de l'autre côté, et son nerf se comporte à cet égard comme l'abducteur. Lorsque l'un des yeux se porte en dehors et en bas, l'autre n'exécute pas le même mouvement, mais se dirige en dedans et en bas. Ce rapport est inné : il prouve que le mouvement du muscle oblique supérieur d'un des yeux exclut l'action de celui de l'autre œil. Les choses se passent autrement pour le muscle oblique inférieur ; il tourne l'œil en dedans et en haut, par le moyen d'une branche du nerf oculo-musculaire qui a de la tendance à l'association de mouvement; le mouvement s'exécute avec facilité dans les deux yeux à la fois, et il a même lieu involontairement durant le sommeil. Cette situation de l'œil pendant le sommeil et dans les maladies nerveuses peut être considérée comme l'expression du mouvement simultané de toutes les branches que le nerf oculo-musculaire distribue aux muscles de l'œil. Nous avons vu que, même dans l'état de repos, les muscles sont un peu contractés. Qu'on suppose maintenant toutes les branches du nerf oculo-musculaire envahies par une faible irritation, les deux yeux doivent se diriger en dedans et en haut. Les muscles droit supérieur et droit inférieur se font équilibre ; le droit interne tire l'œil en dedans, l'oblique inférieur le porte en haut et en dedans, et, comme les branches homonymes des deux nerfs oculo-musculaires ont de la tendance à l'association de mouvement, cette situation en dedans et en haut est celle que prennent les deux yeux. Supposons de nouveau qu'au lieu du nerf abducteur, la nature ait envoyé au muscle droit externe une branche de l'oculo-musculaire : il n'y aurait point alors possibilité de porter simultanément l'un des yeux en dedans et en haut, l'autre en dehors et en haut, comme on le fait si souvent. L'oblique inférieur de l'un des yeux et l'action simultanée des muscles droits interne et supérieur dirigerait cet organe en dedans et en haut; la tendance à l'association de mouvement qu'auraient les muscles droit interne et supérieur de l'autre œil, porterait également celui-ci en haut et en dedans; la situation précitée serait donc impossible. Il fallait donc pour ce mouvement un nerf particulier, l'abducteur, qui n'eût pas de tendance à associer ses mouvements avec ceux de l'autre œil. Quand les muscles oblique inférieur, droit interne et droit supérieur d'un œil agissent, et que l'organe se trouve par là porté en dedans et en haut, l'autre œil, malgré la tendance de ses muscles à se mouvoir avec ceux du premier, peut cependant être dirigé en dehors par l'action renforcée du nerf abducteur, en dehors et en haut par la contraction simultanée des muscles droits supérieur et externe. Il en est de même pour la position simultanée de l'un des yeux en bas et en dedans, de l'autre en bas et en dehors. Quand l'un des yeux est porté en dedans et en bas par le droit interne et le muscle droit inférieur, le nerf abducteur de l'autre, et son muscle droit interne, qui a de la tendance à l'association de mouvement, le tournent en dehors et en bas. Ce dernier mouvement est fortifié par le nerf pathétique, qui n'excite aucune tendance aux mouvements associés dans son homo-

nyme du côté opposé. Le nerf pathétique fait d'ailleurs partie aussi des nerfs physionomiques.

L'association du mouvement de l'iris avec l'action accrue du nerf oculo-musculaire a déjà été analysée. Lorsque les muscles dépendants de ce nerf, dans les deux yeux, ne se contractent que faiblement et involontairement, comme le font tous les muscles dans ce qu'on nomme leur état de repos, les deux yeux se placent en dedans et en haut; car le droit supérieur et le droit inférieur se font équilibre, et le droit interne, ainsi que l'oblique inférieur, tourne l'organe en dedans et en haut. Cette action de l'oculo-musculaire est toujours accompagnée d'une tendance à l'association de mouvement dans la courte racine du ganglion ophthalmique, et par conséquent de contraction de l'iris. Comme le nerf abducteur n'a point de tendance à associer ses mouvements avec ceux de son congénère du côté opposé, et que le nerf pathétique se trouve absolument dans le même cas, les yeux, pendant le sommeil, doivent être portés en dedans et en haut par ceux de leurs muscles qui éprouvent cette tendance, et l'iris doit tout aussi nécesairement être contracté. Le placement volontaire des yeux en dedans ou en dehors et en haut amène aussi la contraction de l'iris, parce que cette membrane se contracte toutes les fois que l'action de l'oculo-musculaire devient plus prononcée. Le nerf abducteur, au contraire, se trouve en antagonisme avec l'action de l'oculo-musculaire. Lorsque le principe nerveux afflue dans ce nerf, lorsqu'il n'y a qu'un seul œil qui soit tourné en dehors, l'iris s'agrandit régulièrement, et plus encore lorsque les deux yeux sont écartés jusqu'au parallélisme des axes visuels.

Les muscles organiques sont soumis aussi, jusqu'à un certain point, aux lois de l'association de mouvement. Plus les muscles de notre corps sont mis volontairement en action et plus ils y demeurent longtemps, plus les battements du cœur changent. En effet, la présence du pouls, que l'on observe alors, ne saurait être attribuée au seul trouble de la circulation. Le mouvement des muscles volontaires exerce aussi de l'influence sur celui du canal intestinal; moins nous prenons d'exercice, plus ce canal est exposé à tomber dans un état de torpeur; chacun sait combien les mouvements des muscles du système animal influent salutairement sur la régularité des fonctions du tube alimentaire et sur celle des excrétions.

MOUVEMENTS QUI DÉPENDENT DE L'ÉTAT DE L'AME.

Les mouvements dont il s'agit ici forment trois classes, suivant qu'ils sont la conséquence d'imaginations, de passions, ou de déterminations de la volonté.

Mouvements qui succèdent à des imaginations.

Certains groupes de muscles du système animal sont constamment disposés à des mouvements involontaires, à cause de la facilité avec laquelle leurs nerfs s'affectent, ou plutôt à cause de l'excitabilité des parties cérébrales d'où ces nerfs procèdent. Tous les nerfs respiratoires, y compris le facial, se trouvent dans ce cas. Cette excitabilité, cette tendance à opérer des décharges s'observe déjà dans l'éternument, qui survient de temps en temps, par l'effet de causes internes. Mais les états de l'âme peuvent aussi déterminer la décharge du principe nerveux

vers les muscles respiratoires. Toute modification brusque de l'état de l'âme est susceptible de provoquer la moelle allongée à effectuer une décharge dans ces nerfs. Le *sensorium* agit alors précisément comme le nerf isolé, dans lequel tout changement brusque de son état, quelle qu'en puisse être la cause, met le principe nerveux en action. C'est par là qu'on explique comment il se fait que, même en l'absence de toute passion, une succession rapide d'idées, comme celle à laquelle donne lieu l'impression du ridicule, détermine cette décharge, qui se manifeste alors dans les muscles de la face et de la respiration.

Le bâillement se range également ici, en tant qu'il peut être occasionné par la pensée, la vue ou l'audition de cet acte. En effet, la disposition aux mouvements respiratoires et faciaux du bâillement existait déjà ; elle se réalise parce que l'idée donne au mouvement du principe nerveux la direction déterminée qui doit y conduire. Dans ce mouvement aussi agissent les nerfs respiratoires et le facial, tant par ses branches faciales que par celle qui se répand dans le muscle digastrique. L'idée brusquement soulevée d'un objet effroyable ou horrible, même lorsqu'elle n'est rappelée que par un récit inventé à plaisir, détermine quelquefois, chez les personnes irritables, le mouvement musculaire du frisson, et la même chose arrive souvent à la seule idée d'un médicament qui inspire du dégoût ; l'idée d'une saveur répugnante peut même occasionner des vomituritions.

Mouvements provoqués par des passions.

La portion respiratoire du système nerveux est sujette aussi, d'une manière toute spéciale, à être déterminée involontairement par les passions. Ce qui arrive en pareil cas confirme de nouveau que tout changement brusque dans le cerveau qui se propage à la moelle allongée, modifie sur-le-champ le mode des mouvements respiratoires, l'activité de tous les nerfs respiratoires proprement dits et l'influence du nerf respiratoire de la face. Ce n'est point ici le lieu d'examiner la nature des passions, et je ne puis en dire que ce qui est nécessaire à l'intelligence des détails dans lesquels j'aurai à entrer. Suivant Spinoza, dont l'excellente analyse des passions n'a été surpassée par aucune autre, la cause de tout mouvement quelconque de l'âme est une tendance de celle-ci à se placer dans un état déterminé et à faire tout ce qu'il faut pour y parvenir. Si cette prédisposition continuelle de l'âme à vouloir ce qui peut être utile à son état présent vient à être favorisée par un objet, le mouvement passionné qui résulte de là est de la joie, et, comme l'objet qui détermine cet effet que l'âme croit utile, et qu'en ce sens elle juge bon, diffère beaucoup quant à son espèce et à sa nature, il naît de là différentes passions, dont l'état fondamental est le même, généralement parlant, la différence entre elles ne portant que sur l'objet approprié à la tendance persévérante de l'âme. Toutes les passions de ce genre peuvent être dites excitantes. Si, au contraire, quelque chose contrarie la disposition de l'âme à se mettre dans un état déterminé, qu'elle juge utile et bon, la passion qui surgit est l'abattement, dont il peut y avoir autant de variétés que les objets réputés bons varient. La tendance elle-même à se procurer ce qui paraît bon et approprié à un certain état de l'âme, est le désir, lequel varie également selon ses objets. Beaucoup de passions sont complexes, soit en raison des objets sur lesquels elles portent, soit à cause de la lutte qui s'établit entre plu-

sieurs passions élémentaires. Spinoza les a toutes analysées d'après une méthode mathématique, et il a établi une sorte de statique des passions, qui nous montre avec la plus grande précision ce qui, au milieu de leur conflit, doit arriver chez un homme, tant qu'on le suppose mû et non libre. Mais la froide raison agit en sens inverse de toutes les passions à la fois; elle seule affirme ce qu'il y a de raisonnable; l'état de l'âme, dans la passion, n'affirme que ce qui semble momentanément convenable, et qui, par rapport aux exigences de la raison, peut être tantôt bon, tantôt mauvais.

Nous manquons de toutes données soit pour affirmer, soit pour nier que le principe affectif réside dans une province particulière du *sensorium*, d'où ses effets émanent en rayonnant. Du reste, ceux-ci ont lieu dans toutes les directions des conducteurs moteurs, qui, suivant l'état de la passion, sont ou excités ou affaiblis et même paralysés.

Dans les passions excitantes, il survient des tensions et souvent même des mouvements convulsifs, notamment des muscles qui sont placés sous la dépendance des nerfs respiratoires et du nerf facial. Non seulement les traits de la face sont décomposés, mais encore les mouvements de la respiration sont changés, jusqu'au point de produire les pleurs, les soupirs, le hoquet. Toute passion vive, quelle qu'en soit l'espèce, peut déterminer les pleurs et le hoquet. On peut pleurer de joie, de douleur, de colère, de rage. Dans les passions déprimantes, comme l'anxiété, la peur, l'effroi, tous les muscles sont détendus, parce que l'influence motrice du cerveau et de la moelle épinière diminue; les jambes ne portent plus le corps, les traits s'affaissent, l'œil devient fixe, la voix s'éteint. Certaines passions sont mixtes, en ce sens que l'âme ne peut plus se débarrasser d'une idée déprimante, mais que l'instinct de sa propre conservation l'excite à éloigner les influences qui l'oppriment. Il peut alors arriver que certains muscles, ceux de la face surtout, expriment l'abattement, tandis que d'autres déploient leur action, soit que les antagonistes des muscles frappés d'inertie entraînent les traits du visage de leur côté, soit qu'eux-mêmes se meuvent convulsivement. Souvent, tant dans les passions mixtes que dans les passions déprimantes, il survient un tremblement de quelques uns des muscles de la face. Le mouvement volontaire d'un muscle à demi frappé de paralysie par la passion doit aussi devenir tremblotant, parce qu'il n'obéit plus complétement à l'influence de la volonté. C'est ce que nous éprouvons surtout dans les muscles de la face, lorsque nous voulons les mouvoir quand nous sommes en proie à une passion déprimante ou mixte: ils tremblent alors, ainsi que ceux de l'organe vocal, et, si nous essayons de parler, notre voix manque d'assurance.

Le conducteur le plus sensible des états passionnés est le nerf facial. C'est le nerf de la physionomie, et son volume diminue déjà chez les mammifères à mesure que les traits de la face perdent de leur expression mobile. Chez les oiseaux, il n'exerce aucune influence sur l'expression de la face; il ne reste plus de lui que celles de ses branches qui se distribuent aux muscles hyoïdiens et au muscle cutané du cou; le froncement de la peau du cou, et, chez quelques oiseaux, le redressement des huppes, sont la seule expression par laquelle il représente encore des états passionnés. Outre le nerf facial, les nerfs respiratoires, tant internes, comme les laryngés et le diaphragmatique, qu'externes; comme ceux des muscles

pectoraux et abdominaux, sont fort sujets à être affectés dans les passions. Cependant, lorsque les passions arrivent au plus haut degré, leur effet s'étend à tous les nerfs rachidiens, de manière à déterminer quelquefois une paralysie incomplète et le tremblement.

L'expression si variée des traits de la face dans les diverses passions montre que chaque état de l'âme met en jeu ou relâche certains groupes des fibres du nerf facial. Les motifs de ce phénomène, de cette connexion entre les muscles de la face et certaines passions, sont totalement inconnus (1).

Mouvements volontaires.

Il n'y a que les nerfs du système animal, les cérébraux et les rachidiens, qui soient capables d'exciter le mouvement volontaire. L'histoire des lésions de la moelle épinière prouve que, si les nerfs possèdent cette aptitude, c'est uniquement parce que leurs fibres remontent dans le cordon rachidien, et ressentent l'influence de la volonté à la source de tous les mouvements volontaires, à la moelle allongée. D'un autre côté, l'origine des nerfs cérébraux, dont la plupart naissent de la moelle allongée, la possibilité de poursuivre jusqu'à cette dernière ceux qui proviennent d'autres parties de l'encéphale, et enfin l'histoire des lésions cérébrales, démontrent que là aussi se trouve la source de l'action que tous les nerfs moteurs déploient par rapport aux mouvements volontaires.

On peut se figurer les fibres de tous les nerfs moteurs, cérébraux et rachidiens, aboutissant à la moelle allongée. La volonté fait entrer en action les origines de ces fibres, comparables aux touches d'un clavecin. Le mouvement volontaire n'exige que l'excitation d'un courant ou d'une oscillation dans les origines d'une certaine somme de fibres. Tout le reste se réduit à un simple mécanisme. La volonté ne peut point agir tout le long du trajet des fibres nerveuses; celles-ci accomplissent elles-mêmes l'action motrice jusqu'aux parties les plus éloignées. Une corde tendue, un fil élastique entrent en mouvement dans toute leur longueur, dès qu'on les fait parler sur un point quelconque. Il en est de même des fibres nerveuses; le principe qui agit en elles a une tension telle que la moindre oscillation qui lui est communiquée dans une partie quelconque de la longueur d'une fibre met aussitôt la fibre entière en action, et le mouvement du muscle s'opère à l'extrémité périphérique ou musculaire de cette fibre. Ainsi, il n'y a que les origines des nerfs cérébraux et rachidiens qui soient mises en jeu par l'influence de la volonté elle-même; tout le reste dépend du mécanisme de l'action nerveuse motrice. On pourrait donc se contenter, en analysant le mouvement volontaire, de chercher à expliquer comment il se fait que les origines des fibres nerveuses entrent en action lorsque la volonté prononce ses déterminations dans la moelle allongée, comment il se fait que des courants ou des oscillations s'établissent instantanément en elles. La solution de ce problème est impossible dans l'état présent de la science, et peut-être le sera-t-elle toujours. La seule chose que nous puissions faire, c'est de présenter les faits réduits à leur plus simple expression.

(1) *Voy.*, sur les mouvements mimiques, Huschke, *Mimices et physiognomices fragmenta physiologica.* Iena, 1831.

On pourrait se figurer que le mouvement volontaire tient à l'intensité de l'idée acquise par la conscience du but de ce mouvement et de la nécessité de son accomplissement immédiat. Toutes les fois que cette idée serait parvenue au maximum d'intensité, le mouvement nécessaire pour arriver au but aurait lieu. Il est facile de renverser cette hypothèse ; car, si elle était vraie, la vitesse du mouvement devrait s'accélérer en raison de l'intensité de l'idée. On pourrait imaginer aussi que le mouvement volontaire s'accomplit chaque fois que le *sensorium* est bien pénétré de l'idée de sa nécessité immédiate pour atteindre à un but, et quand cette idée ne se trouve neutralisée par aucune autre ; qu'il s'effectue lorsque, dans le *sensorium*, il n'y a absolument que la seule idée de sa nécessité immédiate, sans seconde ou troisième idée concomitante. Quand je dis que je veux faire telle ou telle chose, et que cependant je ne la fais pas, c'est que, ou je n'avais que l'idée du vouloir et non la conscience de la nécessité immédiate de l'exécution, ou que l'exécution a été neutralisée par quelque chose. Mais, si la certitude absolue de la nécessité immédiate d'un mouvement existe, et que rien ne la neutralise, le courant ou l'oscillation du principe nerveux indispensable pour provoquer le mouvement volontaire a lieu nécessairement aussi, pourrait-on dire. Vouloir ne serait alors que se représenter une chose comme absolument nécessaire, et le courant qui s'effectue dans la moelle allongée serait comparable à l'abaissement du fléau de la balance, dont l'équilibre dépendrait de celui des actions de l'âme. Cependant il est facile de prouver que le mouvement n'a pas lieu uniquement lorsque nous avons l'idée de la nécessité absolue de ce mouvement, et nulle autre idée en même temps que celle-là ; car nous sommes en état d'accomplir simultanément et pendant longtemps deux ou plusieurs mouvements différents, qui n'ont pas le moindre rapport ensemble. Nous lisons, nous chantons et nous jouons ; nous composons, nous chantons, et même nous fumons. Mais alors la vraie cause du mouvement volontaire ne dépend point de l'idée d'un but ; car les mouvements volontaires ont lieu déjà chez le fœtus, avant que l'idée de ce qui est accompli par le mouvement volontaire soit possible. Il faut donc concevoir la chose d'une manière plus simple.

Comment les premiers mouvements volontaires sont-ils déterminés chez le fœtus ? Ici manque cette réunion si compliquée d'états sous l'influence desquels les mouvements volontaires ont lieu chez l'adulte. Le propre corps du fœtus est tout seul le monde qui produit en lui des idées confuses, et sur lequel il réagit. Il ne meut pas d'abord ses membres pour atteindre un but extérieur ; il les meut uniquement parce qu'il peut les mouvoir. Cependant, comme, dans cette supposition, il n'y a aucun motif pour mouvoir une partie plutôt qu'une autre, et qu'au contraire le fœtus en a pour faire agir tous ses muscles à la fois, une cause quelconque doit le déterminer à exécuter tel mouvement volontaire de préférence à tel autre, à remuer tantôt un bras ou une jambe, et tantôt l'autre (1).

La connaissance des changements de situation qui sont produits par des mouvements déterminés ne s'acquiert que peu à peu et par le fait des mouvements eux-mêmes. Le premier jeu de la volonté sur certains groupes d'origines de fibres

(1) Sur les déterminations instinctives ou volontaires du fœtus humain, *voy.* un bon mémoire de P. Dubois (*Mém. de l'Acad. roy. de médecine*, Paris, 1832, t. II, p. 265). — Burdach, *Traité de physiologie*, t. IV, p. 110.

des nerfs moteurs, dans la moelle allongée, ne peut donc évidemment point avoir pour but un changement de situation : c'est un simple jeu sans idée des effets qu'il provoquera dans les membres. Cette excitation volontaire, mais sans but, des origines des fibres, amène des mouvements déterminés, des changements de position, des sensations de ces mouvements ; l'excitation de certaines fibres entraîne toujours les mêmes mouvements, les mêmes déplacements et les mêmes sensations. De là naît la vague conscience d'une liaison entre certaines sensations et certains mouvements. Lorsqu'ensuite une partie du corps quelconque vient à recevoir une impression du dehors, il existe déjà assez d'expérience dans le *sensorium* pour apprendre au sujet que le mouvement volontaire provoqué par cette impression, convertie en sensation, se manifestera dans le membre irrité, et pour décider le fœtus à mouvoir le membre comprimé sans faire agir tous les autres en même temps. C'est de cette manière qu'il faut se représenter les mouvements volontaires chez les animaux. Un oiseau qui commence à chanter obéit à une obligation intérieure instinctive lorsqu'il met volontairement en action les origines des nerfs de ses muscles laryngiens ; de là naissent des sons. Ce n'est qu'en répétant ce jeu qu'il apprend à lier la cause avec l'effet. Chez l'homme aussi, cette impulsion, qui agit involontairement, et comme une espèce de rêve, dans le *sensorium*, prend part d'abord à la production de certains mouvements, volontaires quant à leur essence. Il y a, dans le *sensorium* du nouveau-né, quelque chose qui l'oblige à exécuter des mouvements de succion avec sa bouche ; mais l'accomplissement de ces divers mouvements est un jeu tout à fait volontaire. De là suit donc que l'excitation volontaire des origines des nerfs moteurs est un fait immédiat et primitif, qui se rattache au développement de l'animal, et que la cause des mouvements volontaires ne dépend pas, comme chez l'adulte, d'un but dont l'âme ait l'idée.

Nous avons déjà vu, d'après beaucoup d'autres faits, que le principe nerveux qui agit dans la moelle allongée a un degré extraordinaire de tension, et que le moindre changement du *statu quo* détruit l'équilibre de la distribution, d'où résultent des décharges de ce principe, qui se manifestent par le rire, l'éternuement, le hoquet, etc. Tant que l'équilibre subsiste, nous sommes également aptes à tous les mouvements volontaires de toutes les parties de notre corps, et c'est là ce qui constitue l'état de repos. Toute tendance au mouvement qui part de l'âme trouble cet équilibre et amène une décharge dans une direction déterminée, c'est-à-dire excite une certaine somme de fibres de l'appareil nerveux moteur.

L'influence de la volonté sur les fibres de l'appareil moteur n'est pas le seul fait de ce genre. Les parties centrales de tous les nerfs cérébraux et rachidiens, même de ceux qui sont sensitifs et de ceux qui appartiennent aux organes des sens, sont susceptibles de l'intention volontaire. Il est important, pour la théorie des mouvements volontaires, d'analyser ces phénomènes. Nos phénomènes sensoriels sont ordinairement accompagnés du concours de la volonté. En apercevant une figure complexe, nous nous attachons plus à telle ou telle de ses parties qu'aux autres. C'est là ce qu'on nomme l'attention. Nous voyons, par exemple, un polygone dont les angles sont réunis par des lignes. Quoique l'image ne change pas, nous sentons plus vivement tantôt une partie de la figure et tantôt une autre partie ; nous regardons, soit la périphérie, soit les triangles ou les carrés qui sont com-

pris dans l'ensemble. Ce phénomène ne tient pas uniquement à ce qu'au moyen de mouvements donnés à nos yeux nous suivons ces figures avec nos axes visuels, et en décrivons pour ainsi dire les contours; car, sans que nos regards se détournent le moins du monde, nous pouvons, par l'effet de l'intention, rendre plus vive l'intuition de telle ou telle partie de la figure, tandis que les autres, bien que senties, demeurent inaperçues. C'est le concours de l'attention avec les sensations visuelles qui fait que nous croyons quelquefois reconnaître une forme bien déterminée dans des impressions fort obscures sur le sens de la vue, chose à l'égard de laquelle il nous arrive souvent de nous tromper. L'ouïe se trouve dans le même cas, et là-il devient bien plus clair encore que ce changement des impressions sensorielles par l'intention ne dépend point de mouvements musculaires. Il est rare que nous soyons assez passifs en écoutant un orchestre, pour ne sentir vivement que l'intensité de tous les sons divers qui frappent simultanément notre oreille; au contraire, nous sommes en état de suivre le jeu d'un seul instrument au milieu des sons plus forts de tous les autres, auxquels alors nous ne faisons point attention. Lorsque deux personnes nous parlent ensemble à l'oreille, nous pouvons consacrer notre attention à ce que l'une dit, et ne point écouter l'autre. Ce qui a lieu dans un seul et même organe sensoriel peut arriver aussi quand plusieurs organes de sens sont affectés simultanément. Suivant la direction que nous donnons à notre attention, nous entendons sans voir, ou nous voyons sans entendre; car l'intention ne peut jamais nous procurer une vive intuition que d'un seul objet à la fois.

Cette analyse des sensations par l'attention s'accomplit souvent d'une manière tout à fait involontaire, d'après les lois de l'association des idées. Mais nous pouvons aussi faire agir volontairement l'intention par rapport aux sensations que nos sens nous procurent. Quand deux personnes nous parlent ensemble à l'oreille, il dépend de notre volonté, toutes choses égales d'ailleurs, de choisir celle dont nous voulons comprendre les paroles. Lorsque nous éprouvons à la fois des sensations par la vue, par l'ouïe, par le goût, etc., nous sommes libres de choisir celle que nous voulons seule sentir d'une manière vive; les autres produisent alors des impressions si confuses, qu'elles ne parviennent point à notre conscience. La même chose arrive en ce qui concerne un seul genre de sensations. Nous pouvons l'analyser volontairement; nous pouvons à volonté sentir plus vivement le jeu d'un violon au milieu de tout un orchestre, apercevoir telle ou telle partie d'une rosace plus distinctement que les autres. En un mot, la volonté agit ici avec non moins de force que dans les nerfs du mouvement. La seule différence consiste en ce que, dans les mouvements, la volonté peut exciter la fibre nerveuse tranquille, tandis que, pour ce qui concerne les phénomènes sensoriels, elle n'a que le pouvoir de rendre la sensation plus vive.

L'intention volontaire ne se borne pas non plus aux nerfs du mouvement et du sentiment: elle joue aussi un rôle dans les opérations de l'âme. A la vérité, notre imagination agit sans qu'aucune direction lui soit donnée par la volonté; elle produit continuellement, lorsque les autres facultés de l'âme reposent, des formes ou des images qui sont dépourvues de lumière, de couleur, parce qu'elles ont lieu sans sensation. Ces images peuvent même acquérir de la lumière et de la couleur par le conflit avec les parties centrales des organes sensoriels. En effet, quiconque

s'observe avec attention, reconnaît, au sortir d'un rêve, que, bien qu'il soit éveillé, les images lui flottent encore devant les yeux, éclairées d'une lumière pâle ; j'ai constaté souvent ce phénomène (1), et Spinoza l'avait remarqué une fois sur lui-même. Quoique nous ne soyons pas en état de produire à volonté des images lumineuses quand nous fermons les yeux, nous pouvons cependant diriger nos idées suivant notre caprice. En un mot, nous voyons qu'en partant du *sensorium*, l'intention volontaire agit dans toutes les directions, sur des nerfs moteurs, sur des nerfs sensitifs, sur les opérations de l'âme ; la provocation volontaire d'une action quelconque n'est autre chose que l'intention du principe nerveux dirigée spontanément, et avec conscience, du cerveau vers divers appareils de la nature desquels il dépend que l'effet voulu soit un mouvement, ou une sensation plus vive, ou une idée. On peut se représenter cette intention volontaire comme un courant ou une oscillation qui survient spontanément, au su de la conscience, dans le principe nerveux, et qui porte celui-ci vers un appareil quelconque d'organes.

Par rapport au mouvement volontaire, comme à la liberté de la volonté, l'idée peut s'offrir à notre esprit qu'il n'y a point de libre arbitre, et que ce qu'on appelle ainsi n'est qu'un enchaînement de nécessités, dont le résultat final ne saurait être autre que la volonté manifestée. C'est, pourrait-on dire, tantôt à une sensation, tantôt à une passion, à une idée, ou à une association d'idées, que nous devons d'exécuter des mouvements qui sont tellement nécessaires, qu'on ne saurait les considérer autrement que comme le résultat final de cet enchaînement, et qui sont tout aussi inévitables que la conclusion découlant des prémisses. La passion peut déterminer un mouvement : comme elle occupe entièrement l'âme, l'obligation d'accomplir ce mouvement peut être parvenue au plus haut degré, et, si alors la raison s'oppose à ce qu'il ait lieu, c'est parce qu'il entre dans l'enchaînement des faits qu'il ne s'exécute pas. Si l'on connaissait l'homme entier, tous les antécédents de son action, tout ce qui a pu agir sur lui auparavant, la force de ses passions, et le degré de développement de ses principes rationnels, on pourrait vraisemblablement calculer d'avance quelle sera sa conduite à tous les instants de sa vie. Dans cette hypothèse, le mouvement volontaire serait une impulsion que le moi communique au principe nerveux pour le porter vers les nerfs moteurs, et dont la direction dépendrait de la détermination instantanée de ce même moi par une cause venue à la conscience ou agissant à son insu. La conscience peut aussi être informée d'un mouvement involontaire, mais seulement après son accomplissement, par les sensations qu'il détermine : cette particularité distinguerait les mouvements involontaires des mouvements volontaires, dans les mêmes muscles du système animal. Comme, d'après cette hypothèse, le mode et le lieu du mouvement volontaire dépendent toujours de la détermination du moi par un motif dont il a une idée nette ou qui agit à son insu, elle semble détruire toute liberté de la volonté, et ne laisser subsister que la liberté dans le sens moral, consistant en ce que l'âme n'est point obligée de suivre les déterminations externes ou internes des passions, et que, loin de là, elle peut être déterminée par la raison elle-même, autant du moins qu'elle a déjà acquis la conscience de ce qui est raisonnable. C'est là, comme on sait, l'idée que Spinoza se faisait de la liberté, et qu'il a développée dans le dernier livre de son Éthique.

(1) *Voy.* Mueller, *Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen.* Coblentz, 1826.

Nous rencontrons de grandes difficultés quand nous cherchons à faire l'application de cette théorie. Un simple jeu spontané du principe nerveux ne suffirait point à chaque incurvation du corps d'un ver. Il faudrait qu'à chaque fois le *sensorium* de l'animal fût déterminé par un motif quelconque à diriger le principe nerveux vers telle partie des nerfs et non vers telle autre. Il en serait de même chez le fœtus, dont les mouvements volontaires, qui commencent dès le cinquième mois, sont sans intention et sans connaissance des effets qu'ils entraînent. Ici donc, les motifs qui déterminent le moi à mettre en activité tantôt telle partie de l'appareil nerveux et tantôt telle autre, seraient totalement inconnus. La seule chose qu'on pourrait se représenter comme cause de la détermination du moi, à l'égard de fibres nerveuses déterminées, serait que les groupes de ces fibres, qui n'ont pas ressenti depuis longtemps l'influence de la volonté, sont par cela même plus prédisposés que d'autres à s'y prêter. Quand on réfléchit aux mouvements volontaires si vifs du nouveau-né, qui ont lieu sans que le sujet ait la moindre connaissance du résultat qu'ils entraîneront, il faut renoncer à tout espoir de trouver les motifs qui déterminent le moi à donner cette direction au principe nerveux, à moins d'admettre une puissance agissant instinctivement sur le *sensorium*, et dont les impulsions règleraient la direction et la succession des mouvements voulus par le *moi*. Les partisans de cette hypothèse peuvent alléguer en sa faveur que toute faculté quelconque a nécessairement besoin de motifs pour se manifester de telle ou telle manière, quand il y a pour elle plusieurs manières possibles de le faire. Il est dans la nature d'une plante d'avoir telles feuilles et telle tige ; quant à ce qu'un individu de telle ou telle plante ait ses branches disposées d'une façon, tandis qu'un autre les a d'une autre façon, eu égard au nombre et à la situation, ceci ne peut pas dépendre d'une spontanéité soustraite à toute espèce de loi, mais doit tenir à des causes internes déterminées, qui se manifestent pendant le progrès du développement.

Lorsqu'on s'arrête à l'idée que le principe de la détermination volontaire, inhérent à la conscience ou au *moi*, peut donner lieu au mouvement sans causes déterminantes extérieures, et n'en provoque à la suite de telles causes que parce qu'il a la faculté de produire par lui-même tout mouvement quelconque, ce qui est l'idée qu'on se fait ordinairement du libre arbitre, les difficultés dont il vient d'être question s'évanouissent, mais il faut aussi renoncer à toute explication scientifique.

La détermination de la quantité de l'influence nerveuse sur le mouvement volontaire, ou la force de l'oscillation et celle du mouvement, dépendent des mêmes causes que la détermination du lieu où doit s'accomplir le mouvement volontaire. Toutes deux ont une certaine limite. Le plus facile de tous les mouvements volontaires est celui de groupes entiers de muscles, quoique alors aussi la force se trouve épuisée plus vite, et l'on peut dire en général qu'un mouvement volontaire est d'autant plus difficile à exécuter que le nombre des fibres nerveuses qui y concourent est moins considérable et la partie qui doit être mue plus petite. Le principe nerveux met bien plus aisément en action beaucoup de fibres nerveuses qu'un petit nombre ; de là la facilité des mouvements associés. Beaucoup d'hommes ne sont pas capables de contracter isolément les muscles de leur visage ou de leurs oreilles, les abducteurs ou les adducteurs de leurs doigts, et ils n'y par-

viennent qu'autant qu'ils font agir en même temps d'autres muscles; mais tous sont en état de mouvoir séparément les divers ventres des fléchisseurs sublime et profond des doigts. Il est très douteux que nous puissions faire agir volontairement des portions isolées de l'étendue d'un long muscle. En tout cas, la localisation de l'action du principe nerveux dans l'influence volontaire présente plus de difficultés ici que quand il s'agit d'irritations involontaires occasionnelles. On voit souvent une petite partie d'un muscle, par exemple du biceps brachial, se contracter par l'effet de causes internes : ce phénomène n'a jamais lieu dans les mouvements volontaires. L'exercice développe notre faculté d'isoler l'intention du principe nerveux sur certains groupes de fibres nerveuses, et plus certaines fibres nerveuses reçoivent fréquemment des courants ou des oscillations de ce principe par des déterminations de la volonté, plus leur aptitude à agir isolément se développe, comme chez les joueurs de piano, etc. Cependant, lorsque le mouvement de certains muscles s'est fréquemment répété dans un court espace de temps, il finit par rencontrer un obstacle, et l'homme même exercé devient alors maladroit, tout comme des efforts soutenus accroissent l'énergie de nos mouvements, mais semblent la diminuer pendant un certain laps de temps lorsqu'ils ont été très considérables. L'explication de ces phénomènes est facile à donner. L'irritation du nerf et du muscle change leur état, et les rend inhabiles à produire leurs effets accoutumés, de même qu'une impression prolongée rend la rétine insensible pour un temps proportionné au changement matériel qu'elle y occasionne. Mais par cela même que l'intention du principe nerveux a été portée sur des groupes déterminés des fibres, il s'ensuit aussi que, pendant le repos, ces groupes se restaurent proportionnellement plus que d'autres, et que leur pouvoir réactionnaire s'accroît. Alternative de repos et d'action, voilà donc le secret de ce qui fortifie nos organes et les rend plus aptes à l'exercice de leurs fonctions, tandis que les muscles et les nerfs qui participent rarement à l'intention du principe nerveux, comme les muscles auriculaires, perdent une partie de leur aptitude au mouvement.

En traitant de la physique des nerfs, j'ai examiné la question de savoir pourquoi les parties soumises au nerf grand sympathique résistent à la volonté, et j'ai cité les faits qui prouvent que les décharges volontaires du principe nerveux vers les muscles dociles aux ordres de la volonté ne sont pas tout à fait sans influence sur ceux qui s'y montrent rebelles. Les mouvements de l'iris coïncidant avec certaines positions de l'œil, l'accroissement de la fréquence des battements du cœur lorsqu'un grand nombre de muscles viennent à faire des efforts prolongés, et l'influence salutaire que l'exercice du corps produit sur les mouvements du canal intestinal, en sont des exemples sur lesquels j'ai déjà insisté. Des mouvements passés en habitude finissent par s'accomplir à la moindre intention; tels sont ceux des bras pendant la parole.

On doit donc conclure de tout cela que la conductibilité des fibres nerveuses se développe en raison de la fréquence des excitations imprimées à ces fibres. De là vient que des idées vagues, dont nous n'avons pas la conscience nette, provoquent souvent des mouvements déterminés et harmoniques, pourvu qu'elles se soient déjà présentées fréquemment dans le même ordre.

CHAPITRE II.

Des mouvements volontaires complexes.

J'entends par là les mouvements qui, avec le concours de l'organe de l'âme, s'associent en groupes déterminés. Ceux dont il a été parlé dans le chapitre précédent peuvent être considérés comme les éléments de ces associations. Il faut surtout ranger ici les séries simultanées des mouvements volontaires qui succèdent à plusieurs séries d'idées, les associations des mouvements et des idées avec des mouvements, les mouvements instinctifs, et les mouvements coordonnés de la locomotion.

Séries simultanées de mouvements.

Le mouvement volontaire tendant à un but déterminé peut avoir lieu à la fois dans les parties du corps les plus différentes; mais il peut arriver aussi que des mouvements volontaires ayant des buts divers soient accomplis ensemble. Un homme écrit et fume en même temps; un musicien lit sur son cahier de musique les notes du chant et de l'accompagnement, en même temps qu'il joue d'un instrument et qu'il chante. Comment expliquer la simultanéité de ces actes? Sommes-nous en état de poursuivre ensemble des séries d'idées qui n'ont pas de liaison les unes avec les autres, ou bien n'avons-nous jamais à la fois que la conscience d'une seule idée, et les actes tels que ceux qui viennent d'être cités ne sont-ils complexes qu'en apparence, l'intention sautant sans cesse, avec une grande rapidité, de l'une à l'autre des diverses séries d'actes qui appartiennent à l'action totale? La première chose à faire, c'est de rechercher si l'âme est capable, généralement parlant, de suivre à la fois deux séries d'idées: si elle en a le pouvoir, les mouvements correspondants à ces deux séries pourront aussi être produits.

Le mouvement volontaire simultané d'appareils moteurs différents, par exemple des muscles de la voix et des doigts, n'est pas difficile à expliquer; car il importe peu que plusieurs muscles qui se meuvent ensemble occupent un seul et même membre, ou soient très éloignés l'un de l'autre: dans les deux cas, l'intention du principe nerveux se dirige sur une certaine somme d'origines de fibres nerveuses. La difficulté consiste à déterminer si deux séries d'idées peuvent coïncider ensemble comme causes de l'intention des fibres nerveuses.

Un exemple fort simple répandra du jour sur la question. Il est fourni par le cas dans lequel notre esprit se préoccupe vivement d'une idée pendant que nous exécutons des mouvements n'ayant aucune liaison avec cette idée. Nous voulons faire visite à quelqu'un; en nous rendant à son logis, nous sommes tellement absorbés par d'autres pensées, que nous ne voyons pas les passants, ni même les personnes qui nous saluent, et cependant nous arrivons au lieu où nous avions tout d'abord formé le projet de nous rendre; ainsi, tandis que nous nous plongions dans une série particulière de pensées, nous suivions en même temps la série des images des maisons et des rues, à travers lesquelles nous nous orientions presque à notre insu pour parvenir à l'endroit de notre destination.

Mais le meilleur exemple pour résoudre la question est fourni par l'éducation relative aux mouvements. En effet, ils sont d'abord si lents, si difficiles à associer ensemble, si dépourvus d'habileté et d'adresse, qu'ici nous pouvons prendre la nature pour ainsi dire sur le fait. Qu'une personne qui débute sur la guitare ou le piano ait à chanter et à jouer en même temps, on s'aperçoit sans peine qu'elle ne peut pas lire à la fois les notes du chant et celles de l'accompagnement : a-t-elle saisi la note du chant, et se dispose-t-elle à l'entonner, celle de l'accompagnement lui manque souvent, et *vice versa;* elle ne peut jouer quand elle est déjà prête à chanter, ou chanter lorsqu'elle se sent en état de jouer. Ici, il s'agit moins de la lecture que de la transformation de ce qui a été lu en idées de mouvement. Chaque note devient, dans notre *sensorium*, la tendance au mouvement de tels ou tels muscles des doigts et du larynx, et, parallèlement à ces deux séries simultanées de transformations des notes lues en intentions de mouvement, en marche encore une troisième, la traduction des paroles lues en intentions de mouvement pour les organes de la phonation. Cette dernière série ne présente pas de difficultés, parce que nous y sommes accoutumés dès l'enfance; mais l'aptitude à opérer rapidement les transformations des deux premières séries ne s'acquiert qu'à force d'exercice.

On voit, d'après cet exemple, que les mouvements volontaires qui dépendent de plusieurs idées peuvent bien être exécutés simultanément, mais qu'ils ne peuvent pas être conçus ensemble. Le musicien exercé fait comme le débutant, c'est-à-dire qu'il lit les unes après les autres, seulement avec la rapidité de l'éclair, les notes du chant et celles de l'accompagnement; de là résulte pour lui l'idée du rapport de durée qui existe entre elles, et la transformation en intentions de mouvement, qui s'effectue alors dans le *sensorium*, se trouve simultanément exécutée. On pourrait objecter que, comme le souvenir complet de la valeur des deux séries de notes est nécessaire pour pouvoir donner aux mouvements qui leur correspondent la durée qu'ils doivent avoir, le *sensorium*, tout en conservant ce souvenir, s'occupe déjà des notes suivantes, et par conséquent peut à la fois retenir deux choses différentes dans la mémoire et en concevoir une troisième, on pourrait objecter, dis-je, que la conception simultanée de plusieurs séries de mouvements qui dépendent d'idées différentes doit être également possible. Mais cette objection n'a que l'apparence de la justesse, car il ne faut pas d'intention du *sensorium* pour donner à un mouvement une durée correspondante à la valeur d'une note : chaque mouvement continue jusqu'à ce que l'intention d'un nouveau mouvement, rendu nécessaire par une autre note lue, vienne l'interrompre. Je répète encore une fois que la simultanéité des mouvements les plus différents ne présente pas la moindre difficulté; car il n'est pas plus difficile de mouvoir à la fois des muscles du larynx et des doigts que plusieurs muscles du bras. Mais la conception de ces mouvements provenant de séries différentes d'idées, paraît ne pouvoir avoir lieu que d'une manière successive, bien qu'avec la rapidité de l'éclair.

Revenons maintenant à notre premier exemple. Voulant aller chez un ami, nous parcourons tout un dédale de rues, tellement plongés dans nos pensées, que nous oublions de rendre les saluts qui nous sont adressés chemin faisant, et néanmoins nous arrivons au but que nous nous étions proposé, sans savoir comment nous y sommes parvenus, tant la passion ou l'idée qui s'était emparée de nous,

absorbait nos facultés. Comme la locomotion volontaire, cette alternative continuelle de flexions et d'extensions n'est qu'une simple répétition rhythmique de deux mouvements; elle peut, une fois mise en train, continuer, tout aussi bien qu'un mouvement unique, au milieu d'un cours d'idées qui changent à chaque instant. Ce qui est plus difficile, c'est de comprendre comment nous parvenons à nous orienter dans le dédale des rues, sans pour cela perdre le fil de nos pensées. Mais on l'explique par de petits sauts d'un thème à un autre. Il faut avoir égard ici aux lois de l'association des idées. Lorsque deux séries d'idées ont un intérêt également faible, nous passons sans peine de l'une à l'autre alternativement, et même à une troisième toute différente. Mais, lorsqu'une série d'idées domine dans le *sensorium*, comme quand on est entraîné par une passion, toute idée nouvelle, excitée par les sens, peut bien nous détourner un instant de la série dominante; mais, après chaque interruption, le *sensorium* revient toujours au thème fondamental, avec plus de facilité qu'il ne passe à de nouvelles associations.

Association des mouvements et des idées.

La rapidité et la succession des mouvements sont favorisées par la répétition. C'est là ce que nous appelons *exercice*. Celui qui n'est pas exercé ne peut point se livrer à des alternatives très rapprochées de mouvement et de repos, ou accomplir d'une manière régulière des mouvements compliqués. De ce fait, il suit que plus le principe nerveux est mis fréquemment en oscillation dans certaines fibres, plus aussi cette oscillation ou ce courant devient facile. A la vérité, un bras exercé éprouve aussi de la fatigue au bout d'un certain laps de temps, quoique le mouvement du principe nerveux ait été répété très souvent, parce que l'action entraîne un changement matériel momentané dans les nerfs; mais le membre ainsi fatigué répare ses pertes plus vite que ne le font les autres, et, une fois reposé, il n'en est que plus disposé à reproduire les mouvements, à cause de la fréquence avec laquelle les courants ou les oscillations du principe nerveux ont eu lieu dans certaines fibres.

Les lois de l'association des mouvements ont été si souvent exposées, qu'elles sont généralement connues, et qu'on les trouve même dans les ouvrages de médecine. Darwin surtout s'en est beaucoup occupé (1).

L'association doit être envisagée ici à deux points de vue.

Association de mouvements à des mouvements.

Jadis on confondait souvent les mouvements associés et l'association des mouvements volontaires. Ce qui constitue essentiellement les mouvements associés, c'est que l'intention volontaire dirigée sur un nerf en appelle une involontaire sur un autre nerf. Il n'est pas possible de porter volontairement un œil en haut sans que l'autre soit entraîné dans le même mouvement, ni de tourner l'œil en dedans sans que l'iris se rétrécisse. L'homme qui ne s'y est pas exercé ne saurait étendre

(1) Reil, *Fieberlehre*, t. IV, p. 609. — Brandis, *Versuch ueber die Lebenskraft*. Hanovre, 1795. — Darwin, *Zoonomie ou lois organiques de la vie*. Gand, 1812.

un doigt séparément des autres. Ces phénomènes ne sont point acquis, ils sont innés. Le mouvement associé se remarque surtout chez les personnes qui manquent d'exercice, et le but de l'exercice, ou de l'éducation des mouvements musculaires, est en partie d'apprendre à isoler le principe nerveux sur des groupes particuliers de fibres. Le résultat de l'exercice est donc, par rapport aux mouvements associés, d'éteindre la tendance à leur reproduction. Dans les associations des mouvements volontaires, les choses se passent tout autrement. Ici l'exercice apprend aux muscles à mettre de la rapidité dans la succession ou la simultanéité de mouvements qui, par eux-mêmes, ont peu de propension à s'associer ensemble. Son résultat est donc inverse de celui qu'il produit eu égard aux mouvements associés. L'exercice fait perdre aux muscles leur tendance innée aux mouvements associés, et il facilite l'association volontaire des mouvements de plusieurs muscles. Darwin et Reil ont plus d'une fois confondu ensemble ces deux états différents du système nerveux. La loi que Darwin exprime est celle-ci : Tous les mouvements animaux qui sont souvent excités simultanément ou immédiatement les uns après les autres, s'associent ensemble de telle manière que, lorsqu'un d'entre eux s'accomplit, les autres ont de la tendance à l'accompagner ou à lui succéder. On peut accorder le fait d'une manière générale; mais les exemples que Darwin et Reil citent à l'appui de cette loi appartiennent en partie à celle des mouvements associés. D'ailleurs la loi de Darwin n'exprime pas les faits avec exactitude. Si les choses se passaient comme le dit l'écrivain anglais, l'éducation et l'exercice nous rendraient plus maladroits que nous ne l'étions auparavant. Nous rencontrerions souvent des obstacles nés de mouvements associés dont il nous aurait fait contracter l'habitude, au lieu d'éteindre en nous la tendance innée que ces mouvements ont à se manifester. Darwin et Reil citent la difficulté que nous éprouvons à couper l'air horizontalement avec un bras, tandis que nous décrivons un cercle avec l'autre. Cet exemple n'explique point l'association des mouvements par l'exercice; car la tendance à la symétrie des mouvements est innée dans les bras comme dans les yeux. L'exercice a pour effet, au contraire, de nous rendre aptes à exécuter simultanément ces mouvements hétérogènes. Un autre exemple choisi par Darwin et Reil est plus propre à rendre raison de l'association des mouvements volontaires. Celui qui apprend à tourner prend d'abord ses idées pour guide dans la direction qu'il donne au ciseau, plus tard il place sa volonté à la pointe de l'instrument. Ici, en effet, des mouvements musculaires sont associés de manière à se succéder rapidement, aux ordres de la volonté; mais aucun d'eux n'est la cause des autres : leur association seule devient plus facile, et il en est de même pour toute association de mouvements volontaires. Lorsque nous avons souvent associé les mouvements suivant un certain ordre, leur association devient de plus en plus facile, de manière qu'alors la volonté reproduit avec rapidité la série tout entière, sans cependant qu'aucun chaînon de cette série paraisse malgré elle. Reil prétend qu'il suffit que l'intention de la volonté se porte sur l'un des chaînons pour reproduire tous les autres; cette assertion ne me semble pas d'accord avec les faits. Il y a sans doute beaucoup de mouvements, purement habituels, qui reviennent en toute occasion, comme les mouvements inexpressifs des bras chez les acteurs ou les chanteurs, et les gesticulations chez la plupart des personnes douées d'une grande vivacité; mais ces mouvements acquis par l'habitude rentrent dans la loi de l'association d'idées

et de mouvements, et non dans celle de l'association de mouvements à des mouvements.

Association des idées et des mouvements.

L'enchaînement des idées et des mouvements peut devenir aussi intime que celui des idées entre elles, et ici il arrive réellement que, quand une idée et un mouvement ont été fréquemment associés ensemble, le second se joint souvent involontairement à la première. C'est cet enchaînement qui fait que nous fermons les yeux malgré nous, quand un mouvement menaçant s'opère devant nous, même lorsqu'un étranger passe sa main devant notre figure ; que nous nous accoutumons à ne point exprimer certaines idées sans les accompagner de certains gestes ; que nous portons involontairement les mains en avant lorsqu'un corps menace de tomber sur nous. En général, plus il arrive souvent à des idées et à des mouvements de s'offrir volontairement ensemble et plus il est facile aux mouvements de s'exécuter à l'occasion des idées qui les rappellent, plus ils sont soustraits à l'empire de la volonté. Ce mode d'enchaînement ne joue pas un moins grand rôle dans la mécanique et les arts que l'association des mouvements entre eux. L'association des mouvements entre eux ne peut s'expliquer que par un écoulement de l'influx cérébral rendu plus facile suivant une certaine direction ; l'enchaînement des idées et des mouvements semble annoncer qu'à chaque idée il se développe, dans l'appareil destiné à la traduire par des mouvements, une tendance au mouvement, à laquelle l'exercice et l'habitude font prendre un si grand développement, qu'au lieu de rester simple disposition, comme elle le fait dans les cas ordinaires, elle entre en action toutes les fois que l'occasion se présente. Le bâillement peut servir d'exemple à cet égard. Il suffit d'y penser pour bâiller, lorsque la disposition à cet acte existe. Quelle liaison y a-t-il entre l'image d'un homme bâillant qui se produit dans le cerveau et le mouvement involontaire du bâillement ? Comment se fait-il que, parmi tant d'images, il n'y ait que celle-là qui provoque les mouvements du bâillement ? C'est une preuve manifeste que l'idée d'un mouvement suffit seule pour produire une tendance dans l'appareil chargé de la mettre à exécution, pour déterminer un courant du principe nerveux dans cette direction. Mais on pourrait citer plusieurs exemples analogues. Personne n'ignore que les spectateurs d'un assaut ou d'un duel accompagnent chaque passe d'un léger mouvement involontaire de leur corps. Le jeu de quilles fournit matière à la même remarque. De là vient aussi que, quand nous nous trouvons sur de grandes hauteurs, et dans une situation dangereuse, nous sentons en nous quelque chose qui nous pousse à nous précipiter. C'est encore ici que se place le penchant à l'imitation des mouvements. On a beau vouloir garder son sérieux, si l'on pense sans cesse au rire, on finit par rire, comme les enfants qui, avant de rire, regardent si ceux qui les entourent rient. Il arrive souvent que, longtemps après avoir été témoin d'une scène plaisante, on éclate encore de rire, si l'on voit quelqu'un rire en cachette, ou faire des efforts pour s'en abstenir. Enfin, les personnes sujettes aux spasmes en éprouvent lorsqu'elles deviennent témoins d'accès convulsifs : ce phénomène n'est pas rare dans les hôpitaux.

La tendance à des mouvements qui naît d'idées de mouvement a été comparée par Chevreul aux oscillations d'un pendule qu'on tient à la main. D'après ses

remarquès, malgré l'immobilité apparente du bras, le mouvement du pendule est déterminé par un léger mouvement musculaire qu'on exécute involontairement lorsqu'on regarde la verge en même temps qu'on la tient, mais qui cesse dès qu'on se bouche les yeux. Les deux principaux faits ici sont qu'un pendule tenu à la main peut être mis en oscillation par un mouvement si léger, qu'il échappe même à la conscience, et que la vue du mouvement une fois établi suffit pour occasionner une série de mouvements involontaires qui l'accroissent. Chevreul s'est servi aussi de ces faits pour expliquer le bâillement (1). Behn a, du reste, fait voir qu'une des principales causes de l'agitation du pendule tenu à la main, tient aux légers mouvements que le pouls communique aux parties de notre corps (2).

Le fait que des mouvements s'associent à des idées n'est point isolé, même en faisant abstraction du champ le plus riche des associations, savoir, celle des idées entre elles. Les idées n'agissent pas seulement sur les appareils moteurs qui ont des connexions avec leur contenu : elles agissent aussi non moins souvent sur les organes sensoriels dans lesquels se sont présentées les impressions qui leur ont donné naissance. Il y a une grande différence entre l'idée d'une sensation dégoûtante et la sensation du dégoût lui-même ; cependant la première suffit pour provoquer l'envie de vomir. La qualité de la sensation est une énergie du nerf sensitif, qui se trouve excitée ici par la simple idée, sans cause extérieure. Darwin cite pour exemple que la seule vue d'un homme qui promène un instrument pointu sur du verre ou de la porcelaine suffit pour déterminer la sensation désagréable connue sous le nom d'*agacement des dents*. L'idée d'un objet dont la présence pourrait faire naître le frisson, occasionne un frissonnement général chez les personnes fort irritables. Les énergies des sens supérieurs, la sensation de la lumière et celle du son, ne sont mises en jeu que rarement dans l'état de veille ; mais elles le sont très fréquemment pendant le sommeil et les rêves. En effet, pour peu qu'on s'observe avec attention, et que l'on contracte l'habitude d'ouvrir les yeux en s'éveillant au milieu d'un rêve, on ne tarde pas à se convaincre que les images de ce rêve sont réellement vues, et qu'elles ne flottent pas seulement dans l'imagination : car on s'aperçoit souvent qu'elles sont encore dans les yeux, et qu'elles disparaissent peu à peu. C'est ce que Spinoza savait déjà, l'ayant éprouvé par lui-même, et ce dont j'ai pu également me convaincre fort souvent (3).

Mouvements instinctifs.

Les mouvements instinctifs sont sans contredit les plus compliqués de tous les mouvements, ceux dont il est le plus difficile de découvrir les causes. On appelle ainsi ceux dont l'accomplissement est volontaire, mais qui ne reconnaissent pas la seule volonté pour cause première, et dont le but rationnel n'est pas connu de la conscience. La puissance cachée qui les détermine en vue du but final auquel tend la vie ne produit que des sentiments et des penchants à des actions déterminées. Les penchants instinctifs à agir sont rares dans l'espèce humaine : on peut citer

(1) *Archiv. gén. de médecine*, 1833, t. XXXII, p. 130, 137.

(2) Mueller's *Archiv*, 1835, p. 516.

(3) Gruithuisen, *Beitræge zur Physiognosie*. Munich, 1812. — Mueller, *Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen*. Coblentz, 1826.

pour exemple celui que le nouveau-né éprouve à exécuter les mouvements réclamés par la succion. Les actions qui se rapportent à l'appétit vénérien sont toutes accomplies instinctivement chez les animaux, mais ne le sont qu'en partie chez l'homme; car, bien que le penchant à saisir et embrasser les formes excitatrices de l'amour soit inné en nous, les premiers individus de notre espèce ont dû apprendre d'eux-mêmes tout le reste. Chez les animaux, le nombre des actions instinctives croît en proportion de l'inaptitude à remplir le but de l'espèce par les fonctions de l'âme. Il ne saurait entrer dans notre plan d'énumérer tous ces faits, qui se rapportent aux migrations, à la nidification, à la construction des gîtes, à la fabrication des toiles, à l'éducation des petits.

La cause de l'instinct paraît être la même que celle qui fait naître l'animal et réalise son organisation d'après des lois éternelles. Les idées que nous nous formons de la nature d'un être organisé sont tranquilles; elles ne créent rien, elles sont stériles. La forme organisante, qui agit bien plus sûrement, d'après des idées raisonnables et un plan divin, organise ses produits mêmes, et reparaît dans chacun d'eux. Pour elle, la physique n'a pas de secrets. C'est cette force, cause finale d'une créature, qui répare les pertes, qui rend la guérison possible à la suite d'une maladie, et qui, primordialement contenue dans la matière prolifique fécondée du nouvel individu, crée les organes dans lesquels naissent plus tard des images stériles des choses, les idées. Comme cette force crée tous les organes avec la masse amorphe du germe, elle n'est enchaînée à aucun d'eux; elle se manifeste jusque dans la nutrition chez le fœtus privé d'encéphale; elle change le système nerveux, comme tous les autres organes, chez la larve d'insecte qui se métamorphose, de manière que certains ganglions du cordon nerveux disparaissent, et que d'autres se réunissent ensemble; elle fait que, dans la métamorphose de la grenouille, la moelle épinière se raccourcit à mesure que l'organisation de la queue s'efface et que les nerfs des membres naissent. Les actions instinctives des animaux nous prouvent encore que la force qui agit pour un but déterminé, d'après une loi éternelle, que cette pensée divine qui ne se révèle pas à notre conscience, pour parler le langage de Spinoza, exerce aussi de l'influence sur l'origine des êtres organisés, sur leur organisation et sur les actions volontaires. Le but auquel tend le mouvement instinctif est tout aussi nécessaire à l'existence de l'espèce et de l'individu que l'organisation elle-même; mais ici le but se trouve hors de l'organisme, tandis que, dans l'organisation, il en fait partie, et cette idée de l'essence animale, que nous avons appelée stérile, est déterminée elle-même par la force dont il vient d'être parlé, à représenter et atteindre quelque chose de particulier. La cause finale de l'instinct ne réside donc pas non plus dans un organe particulier; elle ne fait qu'un avec la force de l'organisation agissant d'après une loi nécessaire et un principe raisonnable. Cependant, c'est dans le sensorium que les effets de cette force se révèlent d'abord. F. Cuvier s'exprime d'une manière parfaite à cet égard, quand il dit que les animaux, en exécutant leurs actions instinctives, obéissent à une idée innée qui les poursuit comme un songe. Du reste, l'organisation des animaux eux-mêmes favorise singulièrement la réalisation des images, des idées, des penchants, qui apparaissent dans le sensorium. Comme l'intérieur et l'extérieur dépendent de la même cause finale, la forme de l'animal correspond parfaitement à ses penchants; il ne veut rien que ce qu'il peut exécuter au moyen de ses organes, et ses

organes ne le sollicitent à rien dont il n'éprouve le penchant. La taupe, destinée par ses penchants intérieurs à vivre sous terre, n'a rien dans ses organes qui la pousse à s'écarter de cette destination. Quoiqu'elle voie, quoique son œil ne soit point couvert par la peau, puisqu'elle a des paupières, sa vue manque de précision, tant à cause de la petitesse des yeux, que parce qu'ils sont entourés de poils épais. Ses pattes de devant sont organisées entièrement pour fouir, et non pour servir à la marche : en effet, sa main a une forme et une disposition, par rapport à l'avant-bras, qui lui permettent à peine de marcher sans fouiller en même temps la terre. Les paresseux, qui marchent sur le bord externe du pied, les orteils repliés en dedans, sont extrêmement lents sur un sol uni, ce qui a fait naître, dans quelques esprits, la pensée fausse que la nature les avait traités en marâtre; loin de là, ils sont aussi parfaits, dans leur genre, que tous les autres animaux; leurs membres sont disposés de manière à leur permettre de grimper, de passer leur vie sur les arbres, où ils déploient des mouvements pleins d'adresse et de vigueur, quoique lents, comme ceux de quelques autres grimpeurs, le caméléon, par exemple. L'araignée a ses pattes insérées et organisées de manière qu'elle marche mal sur un plan; ces appendices sont destinés à agir sur une ligne, sur un fil: elle porte avec elle les matériaux des fils qu'elle doit tisser, et ses penchants instinctifs lui représentent comme une sorte de rêve le thème de ses actions, la construction de sa toile.

On ne saurait trop admirer combien l'instinct procure aux animaux d'aptitudes et d'intuitions que nous sommes obligés d'acquérir par la voie pénible de l'expérience et de l'éducation. Lorsque nous commençons à voir, nous n'avons pas encore la faculté de juger, d'après les images des objets qui se produisent dans notre œil, quel peut être l'éloignement ou le rapprochement de ces mêmes objets. Tous les objets du champ visuel se peignant sur une surface, comme dans un tableau, nous avons besoin d'une longue expérience et de la coopération du toucher et des mouvements pour joindre à l'image d'un corps compris dans notre champ visuel les idées de sa distance, de sa grandeur et de sa forme. L'animal vient au monde comme s'il avait déjà subi cette éducation; peu après sa naissance, le veau se dirige vers le mamelon de sa mère. Nous n'apprenons à marcher que par un exercice pénible, durant lequel les lois de l'équilibre, de la pesanteur, etc., entrent en jeu à chaque instant; nous ne l'apprenons qu'après avoir acquis peu à peu, par l'expérience, et à force de nous tromper, quelle est la quantité de contraction de nos muscles qu'exige chaque sorte de mouvement. Les animaux, du moins les solipèdes et les ruminants, apportent déjà ces connaissances en venant au monde; ils ne tardent pas à se dresser sur leurs pattes, et à marcher vers leur mère. Tout cela ne peut avoir lieu que par le concours de la force instinctive, devant laquelle aucun problème de la physique ne demeure sans solution. Il faut que le sensorium de l'animal nouveau-né renferme une force qui fait agir d'une manière pleinement harmonique les leviers des membres locomoteurs. Nous devons éloigner des actions instinctives certaines autres actions que divers animaux exécutent avec beaucoup de facilité, même pendant leur sommeil, après qu'ils en ont acquis peu à peu l'aptitude. Beaucoup d'oiseaux dorment perchés sur une seule patte : ils se tiennent parfaitement en équilibre, et la force qui préside à ces actions ne se repose jamais, alors même que les effets sensoriels du sensorium sont dans

un repos absolu. Les somnambules se trouvent dans un cas analogue. Ce n'est pas l'instinct qui les dirige, mais l'expérience acquise pendant la veille, et qui leur sert encore durant le sommeil; ils profitent, pour conserver l'équilibre, de toutes les connaissances que l'expérience et l'éducation leur ont procurées à cet égard; c'est l'action seule de leur âme qui les empêche de tomber; mais leur sensorium n'agit que dans une seule direction, et il est fermé dans toutes les autres: or, comme cette limitation ne leur permet pas de sentir le danger, ils marchent d'un pied ferme, et passent sans trembler sur le bord d'un abîme. Ces phénomènes ne sont réellement pas aussi difficiles à expliquer qu'ils le paraissent. Pour qu'un homme marche sans broncher sur un plan médiocrement incliné, il lui suffit de savoir que ce plan n'est pas situé à distance de la terre; le même plan lui paraîtrait dangereux et difficile à gravir, s'il se trouvait à une grande hauteur; or, celui qui n'aperçoit point le danger dans ce dernier cas, n'a pas le pied moins sûr que dans l'autre.

Comme il y a évidemment, chez les animaux, des sentiments instinctifs et innés, qui se manifestent aussitôt après la naissance ou plus tard, la question est de savoir si l'homme aussi a des idées innées exerçant sur lui, à un degré supérieur seulement, la même influence obligatoire que les penchants instinctifs des animaux ont sur eux. Nous reviendrons sur ce problème quand il s'agira des fonctions de l'âme. Quelques écrivains ont prétendu que l'action raisonnable instinctive de la force organisatrice peut, dans certains états, communiquer à la conscience des choses dont la notion ne pourrait être acquise par la voie des opérations de l'âme, et ils ont exagéré la portée de l'instinct chez l'homme. Il n'y a aucun motif d'admettre cette hypothèse, et je ne sache pas que la puissance créatrice de la nature qui agit en nous sans que notre conscience en soit instruite, ait jamais rien communiqué à cette dernière qui soit la conséquence d'une loi supérieure, ou que la pensée divine, qui est créatrice, se mêle jamais à nos images des objets. Ce qu'on allègue à cet égard, d'après les prétendus états magnétiques, ne mérite pas la croyance qu'y ont attachée quelques médecins crédules, et, toutes les fois qu'on l'approfondit, on n'y découvre que jonglerie ou sottise. Les notions qui nous parviennent de cette manière ne sont que des images confuses, dont le contenu se trouve en harmonie avec la capacité de celui qui les conçoit et de celui qui y ajoute foi.

Mouvements coordonnés.

Quelque dépendants de la volonté que soient les mouvements, leur association pour le but de la locomotion semble être favorisée par des dispositions intérieures dans les organes centraux; une sorte d'harmonie préétablie paraît avoir lieu entre certaines parties des organes centraux du système nerveux et les groupes de muscles, ainsi que leurs conducteurs nerveux. On est conduit à cette idée par les expériences sur les forces dévolues tant au cervelet qu'à la moelle épinière. Nous avons déjà vu que les oiseaux décapités essaient encore de se mouvoir. Le même phénomène a lieu chez les grenouilles. Ces sortes de mouvements ne ressemblent point à ceux que la volonté détermine, et pour lesquels le concours du cerveau est nécessaire. Cependant il règne une certaine harmonie entre les différents actes des mouvements tumultueux qu'exécute une oie à laquelle on a coupé la tête.

L'animal bat des ailes ; or, il faut pour cela l'action simultanée et harmonique d'un grand nombre de fibres nerveuses, de sorte qu'il semble que l'action coordonnée de ces fibres soit favorisée par une disposition organique quelconque dans les parties centrales. Ce ne sont point là de simples convulsions de tous les muscles qui dépendent de la moelle épinière. Car, quand toutes les fibres nerveuses de ce cordon blessé sont frappées d'irritation, tous les muscles du tronc doivent également se contracter ; mais il ne résulterait pas de là un battement d'ailes ; du moins ne voit-on pas pourquoi l'oiseau décapité n'appliquerait pas tout aussi bien ses ailes à son corps par un mouvement convulsif. L'enroulement des anguilles décapitées, et les coups de queue que donnent d'autres poissons auxquels on a coupé la tête, sont des phénomènes du même genre. Chez les animaux sans vertèbres, on voit même quelquefois la décapitation ne pas empêcher la locomotion de s'accomplir, comme elle l'eût fait sans cette circonstance. Un *Carabus granulatus*, auquel Treviranus enleva la tête, continua de courir comme auparavant ; un bourdon, mis sur le dos, faisait des efforts pour se retourner. La *Cerceris ornata* poursuit les abeilles qui nichent dans des trous ; Walkenaer coupa la tête d'un de ces hyménoptères, au moment où il allait pénétrer dans le trou d'une abeille ; il continua ses mouvements, et, lorsqu'on l'eut retourné, il chercha à reprendre sa première direction, pour pénétrer dans le trou (1). Les sangsues qu'on coupe en deux, marchent encore de même que quand elles étaient entières. Il est clair, d'après cela, que des mouvements coordonnés de muscles sont possibles après la décapitation, tant chez les animaux vertébrés que chez les invertébrés ; l'influence de la volonté paraît même ne point être abolie, chez ces derniers, par la perte de la tête.

Les expériences de Flourens (2) sur le cervelet montrent que la moelle épinière n'est pas la seule partie dans laquelle réside une harmonie préétablie de certains mouvements coordonnés, et que c'est surtout le cervelet qui domine l'action coordonnée des muscles pour la locomotion. Lorsqu'il enlevait cet organe, par couches successives, à des oiseaux, l'ablation des premières couches n'entraînait qu'un peu de faiblesse et de manque d'harmonie dans les mouvements. Aux moyennes couches il se manifestait une agitation presque continuelle, bien qu'il ne s'y mêlât aucun signe de convulsion : l'animal opérait des mouvements brusques et déréglés ; il entendait et voyait. Au retranchement des dernières couches, l'animal, dont la faculté de sauter, de voler, de marcher, de se tenir debout, s'était de plus en plus altérée par les mutilations précédentes, perdait entièrement cette faculté. Placé sur le dos, il ne savait plus se relever. Loin de rester calme et d'aplomb, comme il arrive aux pigeons privés des lobes cérébraux, il s'agitait fortement et presque continuellement, mais il ne se mouvait jamais d'une manière ferme et déterminée. Par exemple, il voyait le coup qui le menaçait, voulait l'éviter, faisait mille contorsions pour cela, et ne l'évitait pas. Flourens conclut de là que les volitions, les sensations, les perceptions persistaient, que la possibilité d'exécuter des mouvements d'ensemble persistait aussi, mais que la coordination de ces mouvements de locomotion réglés et déterminés était perdue. D'un autre

(1) Treviranus, *Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens*, t. II, p. 194.

(2) *Recherches expérimentales sur le système nerveux*, 2e édition, Paris, 1842, in-8°.

côté, ses expériences sur les lésions des hémisphères cérébraux démontrent que le principe coordinateur ne réside point en eux. La perte d'une grande partie des hémisphères frappe bien les animaux de stupeur, mais elle les laisse aptes à tous les mouvements volontaires et groupés, puisqu'un oiseau ainsi mutilé, que l'on jette en l'air, conserve la faculté de voler. Cependant le battement des ailes après l'ablation du cervelet annonce encore des traces d'un mouvement coordonné qui, comme nous le voyons après la décapitation des oies, peut dépendre de la moelle épinière seulement. Cette coordination des mouvements doit être toute à la disposition des animaux quand ils commencent à faire usage de leurs membres, puisqu'ils ne montrent alors ni embarras ni maladresse, et en général les mouvements coordonnés entrent fort souvent comme éléments dans la composition des mouvements instinctifs. Chez l'enfant à la mamelle, il y a, dans le cerveau, un stimulus interne pour les mouvements coordonnés de la succion, et Mayer a même observé que la tête d'un petit chat, détachée du corps, suce encore le doigt qu'on lui introduit dans la bouche.

CHAPITRE III.

De la locomotion.

Il existe beaucoup d'animaux qui, ayant une portion de leur corps fixée, manquent de la faculté locomotrice, ou du moins n'ont qu'une locomotion relative de leurs diverses parties constituantes.

Le premier cas est celui des entozoaires composés, comme le cœnure cérébral, dont les petits vers, unis par une vésicule commune, ne peuvent que s'élever à la surface de celle-ci et se rétracter. A la même catégorie appartiennent les polypes composés, dont la locomotion se réduit à la protraction de la tête et de ses bras dans le calice. Les plumatelles, qu'on a crues pendant longtemps aptes à se mouvoir librement dans la mer, sont également enfoncées dans le sol, comme les vérétilles; il n'y a que leurs polypes qui puissent se développer et revenir sur eux-mêmes. Les influences qui agissent sur quelques uns des polypes du tronc commun, ne déterminent non plus que la rétraction de ceux qu'elles atteignent (1). Ces faits ont été observés par Rapp, qui cependant a remarqué aussi des flexions lentes au tronc des vérétilles. Un de ces animaux qu'il jeta dans le canal de Cette, s'implanta dans le sol. Il n'y a encore qu'un petit nombre de polypes du tronc desquels on connaisse bien la structure et les propriétés vitales. Celui des sertulaires contient un canal dans lequel, d'après les observations de Meyen et de Lister, s'opèrent des courants de liquide alternativement ascendants. Suivant Lister, ce canal communique avec l'estomac, et les deux courants communiquent ensemble, ce que nie Meyen (2). Rapp assure que l'axe du tronc épais des vérétilles renferme quatre canaux droits, entourés de fibres musculaires transversales; ces canaux sont

(1) Rapp, *Ueber die Polypen*, p. 8,
(2) Lister, *Philos. Trans.*, 1835, 2.

pleins d'eau de mer. La cavité buccale de chaque polype mène à un canal droit et brun, qui s'ouvre dans le tube transparent du polype, lequel a plus d'un pouce de long. C'est là l'estomac : celui-ci se prolonge, dans le tronc principal, en une cellule qui communique avec les canaux parcourant l'axe. Les quatre canaux du tronc s'ouvrent, à l'extrémité inférieure, par quatre trous, indépendamment desquels il y en a d'autres petits, qui mettent les canaux en rapport avec la substance spongieuse de l'axe (1). On ne sait pas encore bien positivement quelle est la liaison qui existe entre les mouvements propres à chaque polype et les inflexions lentes du tronc des vérétilles; en général, d'ailleurs, l'explication de la connexion physiologique des polypes avec leur axe est un des problèmes les plus complexes. D'après Ehrenberg, qui a réuni tant d'observations sur ce sujet, le corail n'est ni un simple assemblage d'animaux volontairement réunis, ni un animal unique à plusieurs têtes ou seulement fendu, ni un tronc végétal portant des fleurs animales, mais un tronc animal vivant, dont les animaux se développent sans cesse sur leurs prédécesseurs, et sont susceptibles de jouir d'une pleine indépendance, bien qu'ils ne puissent pas se la procurer eux-mêmes (2).

Les polypes à bras sont, les uns, capables de se mouvoir librement, comme les hydres; les autres, fixés, comme les corynes. Parmi les annélides, il s'en trouve quelques uns qui ne jouissent pas de la locomotion; tels sont les sertules, qui vivent dans des tuyaux. Les tubulibranches, parmi les mollusques, comme le vermet, la siliquaire, habitent également des tubes fixés. Les ostracés, soit que leur coquille adhère aux rochers, soit qu'elle n'ait aucune adhérence, ne changent pas de place, et leur mouvement se réduit à fermer la coquille, qui s'ouvre d'elle-même par l'élasticité du ligament. D'autres bivalves, comme les pinnes, s'attachent à des corps solides par le moyen d'un byssus provenant de leur rudiment de pied, et qui, suivant l'expression de Cuvier, leur sert d'ancre. Les mytilacés emploient également leur long pied plutôt pour fixer leur byssus que pour ramper. D'autres bivalves font servir cet organe à la reptation, comme les anodontes, les unio, etc. Les ascidies sont fixées aux rochers et dépourvues de toute locomotilité. Leurs mouvements volontaires se réduisent à chasser l'eau par l'ouverture du manteau qui est destiné à cet usage. Parmi les ascidies composées, les botrylles reposent sur des corps, à la surface desquels ils sont réunis en masses stelliformes. Cuvier fait remarquer que, quand on irrite l'ouverture d'un seul de ces animaux, il n'y a que lui qui se resserre, mais que tous se contractent lorsque l'irritation porte sur le centre. Les pyrosomes sont des mollusques composés, réunis en un cylindre creux, ouvert à une de ses extrémités : ils sont libres dans la mer, et l'on dit que le cylindre marche par l'effet des contractions simultanées de tous les animalcules. Les détails d'un phénomène si remarquable au point de vue physiologique sont inconnus. L'extinction de la phosphorescence dans toute partie du cylindre qui vient à être lésée, parle aussi en faveur d'une action commune ou collective de ces êtres. Les polypes composés ne nous offrent aucun exemple d'une particularité si singulière. Plusieurs animaux de classes très différentes sont libres, durant une partie de leur existence, et fixés pendant le reste. L'inverse a lieu pour d'autres,

(1) *Nov. act. nat. cur.*, t. XIV, 2, 650.

(2) Ehrenberg, *Die Corallenthiere des rothen Meeres*. Berlin, 1834, p. 27.

par exemple les vorticelles, au dire d'Ehrenberg. Les vorticelles sont implantées plusieurs ensemble, par des pédicules, à une racine rampante commune. Plus tard, le corps de l'animalcule se divise en deux portions, qui se séparent du pédicule, lequel a perdu alors la propriété, dont il jouissait auparavant, de se contracter et de s'étendre. Chaque animalcule ainsi séparé nage librement. D'autres animaux sont libres dans leur jeunesse, et fixés dans un âge plus avancé. Les observations de Nordmann sur les lernéacées, de A. Dugès sur les hydrachnes, et de Burmeister sur les cirrhipèdes, en fournissent des exemples. Les jeunes lernées ont la conformation des crustacés, et sont libres; plus tard, les femelles changent tellement de forme, qu'on les a prises pour des vers intestinaux. Dans cet état, elles vivent en parasites sur d'autres animaux, sur des poissons. Les mâles s'attachent par des crochets à l'abdomen des femelles. Les hydrachnes, à l'état de larve, ont six pattes; plus tard elles s'attachent à des insectes aquatiques, aux dépens desquels elles vivent. Alors la partie postérieure du corps s'allonge extraordinairement, et l'animal, devenu nymphe, présente la forme d'une ellipse allongée. Sous la peau de cette nymphe se développent les membres et les yeux de l'animal parfait. Celui-ci sort de sa prison et se met à nager, mais il n'est point encore parfait; au bout de quelques semaines, il s'attache par la trompe à une feuille de potamogéton, et devient immobile; ses pattes disparaissent de nouveau pour faire place à celles qu'il doit définitivement conserver. Les cirrhipèdes, au sortir de l'œuf, ressemblent à de jeunes lernées, et nagent librement. Le corps possède déjà trois paires de pattes ventrales. A une époque plus avancée, il offre une coquille coriace. Un prolongement charnu, qui sort entre les valvules, fixe alors le jeune animal à un fucus. Dans cet état, il possède même un œil. Pendant la période suivante, il acquiert un nombre double de pattes, mais la mue lui fait perdre l'œil et les antennes qu'il avait auparavant (1).

Les organes moteurs des animaux qui se déplacent librement, sont tantôt des cils, des soies, des lamelles, des nageoires, tantôt des membres articulés; ici, le mouvement est dû à l'expulsion de liquides qui avaient été absorbés précédemment: là, il résulte des mouvements ondulatoires de parties du corps qui sont ou fixées, ou susceptibles de se prolonger, ou aptes à se rétracter; enfin le déplacement peut être l'effet d'une alternative d'expansion et de contraction de la masse entière du corps.

Ehrenberg est entré dans de grands détails sur les organes du mouvement chez les infusoires (2). Parmi les plus simples de ces organes, les uns sont des prolongements variables, qui sortent d'un grand nombre de points du corps, comme dans le genre *Amœba*, anciennement appelée protée; les autres, des soies, comme sur le dos du *Chætonotus*, ou des cils qui, chez les polygastriques, sont souvent répartis sur tout le corps, ou enfin des crochets. Les organes locomoteurs décomposés sont des roues des infusoires rotateurs et de quelques polygastriques. Ehrenberg en a décrit plusieurs variétés. Les vibrations de ces organes servent non seulement à la natation, mais encore à produire dans l'eau des tourbillons qui

1 Burmeister, *Beitræge zur Naturgeschichte der Rankenfussler.* Berlin, 1834. — Martin-Saint-Ange, *Mémoire sur l'organisation des Cirrhipèdes.* Paris, 1835, in-8° avec planches.

(2) *Zur Erkenntniss der Organisation in der Richtung des kleinsten Raums.* Berlin, 1832, p. 25.

amènent les aliments à la portée de l'animal. Au reste, les infusoires rotateurs peuvent aussi ramper en fixant alternativement les deux extrémités de leur corps, qu'ils attirent ensuite tantôt vers le bout antérieur, et tantôt vers le bout postérieur.

Les acalèphes en forme de disque ou de cloche se déplacent par des contractions et des expansions alternatives de leur corps, qui chassent l'eau contenue dans l'intérieur de la cloche. Les beroës se meuvent, en partie, par les vibrations des lamelles qui garnissent les huit côtés de leur corps sphérique. Les acalèphes tubuleux ont pour organes natatoires des cavités qui agissent à la manière de la cloche des méduses, comme chez les diphyides. Les vésiculeux ont leur corps mou surmonté d'une vessie pleine d'air, au moyen de laquelle ils peuvent se tenir à la surface de la mer. Chez les physalies, indépendamment de cette vessie, il y a encore une partie faisant office de voile; car la vessie est garnie en dessus d'une crête membraneuse, qui se remplit d'air, mais qui peut aussi en être débarrassée. La vessie présente, à chacune de ses deux extrémités, une ouverture qui est close par un sphincter.

Parmi les échinodermes, les holothuries peuvent se porter en avant par l'expulsion de l'eau qu'elles ont admise dans leur organe respiratoire; de forts muscles longitudinaux rendent leur corps susceptible de se raccourcir. Mais, de même que les étoiles de mer et les oursins, ces animaux ont encore cela de particulier qu'ils possèdent un système de tubes aquatiques, découvert par Tiedemann, lequel communique, d'un côté, avec un réservoir contractile, de l'autre, avec le pied, qui est creux et susceptible non seulement de s'étendre lorsque l'eau y afflue, mais encore de se rétracter par le fait de sa contractilité propre.

Les vers libres nagent dans l'eau, et la frappent avec les replis onduleux de leur corps. Les biphores, parmi les mollusques, exécutent la natation en faisant pénétrer l'eau par l'ouverture postérieure, qui est garnie d'une valvule, et la chassant par une autre ouverture située près de la bouche. Les vers et les chenilles rampent en fixant des parties aliquotes de leur corps, tirant alors celles qui sont en arrière, puis fixant celles-ci à leur tour, et reportant en avant les antérieures. Les moyens de fixation sont tantôt les parties de la bouche, tantôt des moignons de pattes, comme chez les chenilles, quelquefois des suçoirs, comme chez les sangsues. Dans d'autres vers, et chez les mollusques, la reptation, au lieu de s'effectuer par des extensions et des flexions en arc, résulte de contractions et d'expansions alternatives du corps ou du pied. Les vers de terre ne rampent pas comme les sangsues, en étendant des arcs de leur corps et reproduisant ensuite d'autres arcs, mais en fixant des parties de leur corps annelé, vers lesquelles ils attirent simplement les suivantes, ce qui rend celles-ci plus larges et plus courtes; en fixant l'extrémité postérieure de la partie qu'ils ont ainsi attirée, ils peuvent la contracter transversalement, ce qui l'oblige à s'étendre d'arrière en avant. Cette forme de mouvement a lieu aussi chez les sangsues. Chez les gastéropodes, parmi les mollusques, les temps de la reptation sont si nombreux, que quand un limaçon rampe sur une plaque de verre, on n'aperçoit que de très petites ondes successives, l'animal avançant toujours sans interruption. La même ondulation se remarque au pied des lymnées, lorsque ces animaux, étendus sur le dos, sont en quelque sorte suspendus à la surface de l'eau. Il est difficile de concevoir comment des parties aliquotes d'une surface aussi lisse que le pied d'un limaçon peuvent se fixer.

Au reste, l'essentiel de la locomotion consiste, chez presque tous les animaux, et malgré la diversité des formes du déplacement par natation, reptation, vol, marche, en ce que certaines parties de leur corps décrivent des arcs dont les branches s'étendent après s'être appuyées sur un point fixe. Tantôt ces arcs sont produits par le corps lui-même, qui est vermiforme, comme dans la reptation et la natation; tantôt l'extension et la flexion résultent du rapprochement et de l'éloignement des deux côtés d'un angle, cas où l'un des deux côtés forme, par la résistance que des corps solides ou liquides lui opposent, le point fixe à partir duquel les autres parties sont portées en avant par l'ouverture de l'angle. C'est à cela que se réduit le mouvement dans l'eau, dans l'air, ou sur la terre, des animaux qui sont pourvus de membres, nageoires, ailes ou pattes. Car l'air et l'eau opposent aussi de la résistance aux corps qui cherchent à les déplacer, et la force qui tend à les refouler réagit proportionnellement à cet obstacle sur le corps de l'animal, auquel elle communique une projection dans un sens déterminé. Les lois du levier jouent ici un grand rôle. Quelque diversement que les leviers soient appliqués chez les animaux pourvus de pattes, ils le sont presque toujours d'une manière désavantageuse, car les muscles exercent généralement sur eux une action fort oblique, outre que leur insertion est fréquemment très rapprochée du point d'appui. Des considérations d'un intérêt majeur ont commandé cette disposition, dont la beauté des formes n'est pas le but unique. Si la nature avait disposé les leviers de tous les membres de la manière la plus favorable, il serait résulté de là que le corps aurait eu une forme complexe, anguleuse, gênante, et que, malgré toutes les précautions prises en apparence pour économiser la force, la dépense, à cet égard, eût été plus considérable, en dernière analyse, à cause de la multiplication des obstacles au concours harmonique des actions (1).

Natation (2).

La locomotion dans l'eau et celle dans l'air ont cela de commun ensemble, que le milieu qui oppose la résistance est celui-là même dans lequel vit l'animal. Pendant la marche et la reptation, soit dans l'eau, soit dans l'air, l'eau et l'air sont coupés, mais c'est un corps solide, la terre, qui offre l'appui pour la projection du point de sustentation : pendant le vol et la natation, au contraire, l'eau et l'air soutiennent le corps, en même temps qu'ils lui fournissent un appui. Dans les deux cas, le milieu servant d'appui au mouvement est susceptible de céder, tandis que, dans la marche et le saut, il est solide : le mouvement a d'autant plus d'étendue que la force avec laquelle l'organe locomoteur presse l'eau ou l'air est plus considérable, proportionnellement à la masse qui doit être mue et à la résistance que le fluide oppose au corps qui cherche à le pénétrer. Par résistance, on entend ici la perte de force motrice qu'un corps qui se meut dans un milieu fluide éprouve en raison des parties de ce fluide qu'il chasse devant lui : car il perd autant de son propre mouvement qu'il en communique à d'autres corps.

(1) Borelli, *De motu animalium*, Leyde, 1685. — Barthez, *Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux*. Carcassonne, 1798. — E.-G. Weber, *Mécanique des organes de la locomotion chez l'homme* (*Encyclopédie anatomique*). Paris, 1843, in-8° et atlas.

(2) Ch. Londe, *Nouveaux éléments d'hygiène*, 3e édition. Paris, 1847, t. I, p. 420.

Chez les nageurs, le principal temps du mouvement est celui pendant lequel un arc que le corps avait décrit, refoule l'eau en se débandant. Supposons plongée dans l'eau une verge flexible, élastique, et de même masse partout, qui soit courbée au milieu, et qui s'étende ; ses deux extrémités frappent l'eau obliquement avec une égale force, et la verge n'avance point dans le sens de sa longueur. Il en est de même quand deux branches de masse égale, mues par une charnière, se ploient l'une sur l'autre, puis s'étendent. L'égalité de la masse des deux branches et celle de la résistance font que la force qui agit dans le milieu rapproche ou éloigne également les branches l'une de l'autre, suivant qu'elle opère ou la flexion ou l'extension. Mais, si la masse principale du corps constitue l'une des deux branches, la force agissant sur le point de flexion meut plus facilement la branche la plus légère vers la plus lourde, que celle-ci vers l'autre : tandis que la masse principale conserve la même situation dans l'eau, l'autre portion en change par rapport à elle, tant dans la flexion que dans l'extension. Tel est le cas du bateau armé d'un gouvernail ; tel est aussi celui du poisson. Dans l'un et l'autre, la force qui change la situation du gouvernail, ou de la queue, par rapport à la masse principale, donne à la partie la moins considérable du corps un mouvement qui la rapproche de l'autre. Mais le gouvernail, qui se trouve ainsi tourné vers le bateau, venant à être reporté dans une direction droite, presse l'eau située derrière lui. Si l'eau ainsi refoulée était un corps solide, non susceptible de se déplacer, le bateau serait poussé obliquement en avant, c'est-à-dire en sens inverse, avec toute la force du mouvement du gouvernail ; mais celui-ci communique à l'eau une partie de sa propre force motrice, et le liquide se déplace proportionnellement à la quantité qu'il en reçoit ; tout le reste de la force du gouvernail sert à éloigner l'une de l'autre l'eau refoulée et la masse du bateau, et celui-ci se porte obliquement en avant. Le coup en sens inverse du gouvernail donne au bateau la projection dans une direction oblique opposée à la précédente, et une succession rapide de coups du gouvernail fait prendre au bateau une direction moyenne, c'est-à-dire droite. Comme, après chaque coup, le gouvernail est obligé, pour en donner un nouveau, de se replacer à angle par rapport à l'axe du bateau, cet indispensable mouvement préliminaire, qui a lieu en sens inverse du coup précédent, s'opposerait à la projection du bateau, s'il avait la même intensité, et, en effet, un gouvernail auquel on se contente de donner des mouvements alternatifs d'une égale force, ne communique point d'impulsion au bateau. Le mouvement du poisson qui nage ressemble parfaitement à celui du bateau qui n'est poussé en avant que par le jeu du gouvernail. La queue représente le gouvernail. Deux coups de queue alternatifs, qui se succèdent rapidement, suffisent chez les poissons qui ont cet organe court, comme les carpes, pour pousser l'animal dans une direction moyenne ; néanmoins, il arrive souvent, dans la natation lente, que ces coups alternatifs, à droite et à gauche, le projettent plutôt obliquement qu'en ligne droite. Les poissons à queue longue peuvent faire décrire simultanément à celle-ci deux arcs en sens inverse, qu'ils débandent à la fois, ce qui pousse tout de suite leur corps dans la direction moyenne. Les pleuronectes et les cétacés frappent l'eau perpendiculairement. La natation des raies s'opère en partie par des coups de leur queue, qui agit de même que chez la plupart des poissons ; mais, comme leurs nageoires pectorales sont étalées en façon d'ailes, la progression de l'animal dépend surtout

du mouvement de ces appendices, dont l'action ressemble à celle des ailes des oiseaux. Chez les autres poissons, les nageoires ne prennent qu'une part subordonnée aux principaux mouvements de la natation, ainsi que Borelli (1) l'a démontré : elles ne leur servent qu'à se maintenir droits dans l'eau, et à corriger les vacillations du corps. Cuvier pense qu'elles contribuent aux mouvements de côté ; mais il est facile de voir, chez les carpes, que la flexion unilatérale de la queue est bien plus efficace pour cela.

Les quadrupèdes nagent au moyen de leurs pattes, qui font office de rames. La résistance de l'eau pressée par ces appendices est la cause qui fait que le corps se trouve projeté en avant. Si le mouvement des membres avait lieu avec la même force et suivant la même direction, en avant et en arrière, l'animal ne changerait pas de place. Le mouvement dans une direction donnée dépend de ce que la rame est reportée dans l'air et non dans l'eau, ou, si elle rentre dans le liquide, de ce qu'elle s'y introduit par son tranchant. La natation avec les pieds est dans le même cas. La reposition des mains et des pieds a lieu de telle sorte qu'ils pressent l'eau par une moindre surface que pendant le mouvement de translation. L'homme met ses bras en place par le bord tranchant des mains, et il agit sur l'eau par le plat de celles-ci. Dans la natation même des quadrupèdes sans large main, comme le cheval, l'action des pattes est plus grande au moment de frapper l'eau que quand il s'agit de les remettre en place, et de là vient que le corps avance ; la surface avec laquelle ils choquent l'eau est plus étendue quand ils jettent leurs membres en arrière que quand ils les ramènent en avant. La plupart des quadrupèdes sont naturellement nageurs, parce qu'ils emploient leurs pattes de la même manière en nageant qu'en marchant, et parce que la longueur de leur face, jointe à la petitesse de leur crâne, fait qu'ils peuvent, en relevant la tête, maintenir le trou respiratoire hors de l'eau. Chez l'homme, l'entrée des organes de la respiration n'est placée en haut que lorsqu'il se tient dans l'eau sur le dos ; il est obligé, en outre, d'apprendre une chose dont il n'a pas l'habitude, c'est-à-dire à disposer ses membres de manière qu'ils présentent moins de surface à l'eau quand ils n'agissent pas sur elle que quand ils la frappent. Le nageur exercé n'a besoin que d'un faible mouvement pour rester à la surface ; il y demeure tant que ses poumons distendus par l'air le rendent plus léger que l'eau. L'homme est, comme les animaux, plus pesant que l'eau, et, s'il ne fait aucun mouvement, il s'y enfonce dès qu'il expire ; mais, tant que sa poitrine est remplie d'air, il demeure en place, après s'être étendu sur le dos. Si nous n'éprouvions pas le besoin d'expirer, et que nous pussions tenir nos poumons constamment pleins d'air, nous n'enfoncerions pas dans l'eau, ne fissions-nous même aucun mouvement ; mais nous sommes obligés de corriger, par des chocs imprimés de haut en bas à l'eau, l'affaissement qui résulte nécessairement de l'expiration. Les oiseaux sont maintenus sur l'eau par l'air contenu dans leurs cellules abdominales et leurs os, qui communiquent avec leurs poumons ; ils ont besoin d'expirer fortement pour plonger. Les palmipèdes emploient leurs pattes en guise de gouvernail ; les cygnes se servent aussi de leurs ailes étendues comme d'une voile.

La vessie natatoire des poissons se développe du pharynx, comme les poumons,

(1) *Loc. cit.*, p. 257.

d'après les recherches de Baer (1). Chez beaucoup de ces animaux, elle facilite la natation dans les hautes régions de l'eau, et la faculté qu'ils ont d'en comprimer plus ou moins l'air au moyen des muscles latéraux, leur permet de se tenir à des hauteurs diverses. Comme cet organe est situé à la partie supérieure de la cavité abdominale, où le centre de gravité correspond à cause du volume des muscles dorsaux et latéraux, il sert aussi à maintenir les poissons droits dans l'eau, quoiqu'il ne soit pas absolument nécessaire pour cela. Les poissons dont la vessie natatoire est crevée, ne viennent plus à la surface de l'eau, et sont exposés à tomber de côté.

Vol.

Le vol tient à ce que les extrémités antérieures d'un animal, étendues en forme de lames, frappent l'air par la plus grande surface possible. Leur résistance et la réaction que l'air oppose, en vertu de son élasticité, au mouvement qu'elles lui communiquent, sont la cause qui fait que le corps de l'oiseau est soulevé. L'accomplissement d'un pareil mouvement exige une force considérable dans les muscles pectoraux, et une conformation particulière de la poitrine. En effet, celle-ci est immobile dans sa partie dorsale, la crête du sternum offre un large espace à l'attache des muscles pectoraux, et les articulations scapulo-humérales sont consolidées non seulement par de fortes clavicules, mais encore par l'os furculaire, qui les unit l'une avec l'autre. Si l'animal, en ramenant ses ailes, leur laissait occuper autant de surface qu'elles en présentent au moment du choc, l'effet de celui ci serait détruit; mais, aussitôt après chaque choc, il les replie, puis les étale de nouveau, ce qui rend possible la projection dans un sens déterminé. Pour que l'aile, en frappant l'air, ne cède point à la résistance que ce dernier lui oppose, il est nécessaire que la main ne puisse ni se fléchir, ni s'étendre sur l'avant-bras; en effet, elle n'est susceptible que de mouvements d'abduction et d'adduction, qui la ramènent vers l'avant-bras, ou la déploient. Une suite de battements d'ailes, celles-ci étant tenues horizontalement, fait monter l'oiseau en ligne verticale, comme il arrive aux alouettes. Les ailes étant inclinées, de manière que leur face inférieure regarde en arrière, l'animal doit monter obliquement, suivre la ligne de projection, et retomber avec la même obliquité qu'il s'est élevé. En répétant d'une manière régulière les battements de ses ailes, il décrit une ligne horizontale ondulée. Cependant il ne faut pas, pour le mouvement horizontal, que les ailes aient beaucoup d'inclinaison; car, même lorsqu'elles frappent horizontalement l'air, la flexibilité des rectrices fait qu'elles cèdent à la résistance de l'air et présentent tout de suite un plan oblique par rapport au bord antérieur non mobile de l'aile. Borelli avait déjà démontré cette influence. Les flexions de l'aile sur le côté sont le résultat d'oscillations inégales des deux membres, et non d'une flexion latérale de la queue; car des pigeons auxquels on a enlevé les plumes caudales, n'en tournent pas moins bien qu'auparavant. La flexion de la queue soulève la partie postérieure du corps et abaisse l'antérieure (2).

(1) Mueller's *Archiv*, 1835, p. 234.

(2) Borelli, *loc. cit.* — Cuvier, *Anat. comp.*, t. I. — Fuss, dans *Nov. act. Soc. sc. Petrop.* t. XV, 1806.—Silberschlag, dans *Schriften der Berl. Gesellsch. naturf. Freunde*, 1784, t. III. — Horner, dans Gehler, *Physik. Wœrterbuch*, t. IV, p. 477.

L'immobilité du dos des oiseaux procure au tronc, dans la partie inférieure duquel se trouve le centre de gravité, la solidité nécessaire pour exécuter le battement des ailes. L'allongement en pointe de la tête la rend propre à couper l'air, et la longueur du cou procure à l'animal un moyen de changer le centre de gravité, en repliant ou allongeant cette partie de son corps. L'accroissement de la surface de l'aile tient non seulement aux plumes rémiges, mais encore à la peau qu'un muscle particulier tend dans l'angle compris entre le bord antérieur du bras et celui de l'avant-bras, de manière à produire un pli dont le bord renferme un ligament élastique qui, dans l'état de repos, rapproche l'avant-bras du bras. Le muscle tenseur de ce repli cutané se termine par deux tendons; l'un, de nature fibreuse, fait corps avec le muscle long radial externe et l'aponévrose antébrachiale; l'autre est le ligament élastique précité, qui s'attache au carpe et à la main (1). L'autruche, la *Rhea americana*, le casoar des Indes, le *Dromaius* de la Nouvelle-Hollande, et quelques oiseaux aquatiques, comme les manchots et les alques, ne peuvent point voler, à cause de la petitesse de leurs ailes.

L'air contenu dans les os des oiseaux a évidemment pour but de rendre ces parties plus légères qu'elles ne le seraient si elles renfermaient de la moelle. Du reste, celui qui remplit les sacs aériens communiquant avec les poumons, ne saurait diminuer la pesanteur spécifique de l'animal, puisqu'il a presque la même densité que l'air atmosphérique. Chez beaucoup d'insectes, l'air contenu dans les trachées que renferment leurs ailes paraît contribuer à la rigidité de ces organes.

Outre les oiseaux, il y a aussi, dans les autres classes des vertébrés, quelques animaux qui volent, ou qui du moins peuvent rester suspendus dans l'air au moyen de membranes ou de longues nageoires. Parmi les mammifères, les chauves souris ont leurs extrémités antérieures parfaitement organisées pour le vol. La surface destinée à frapper l'air est formée ici par une membrane tendue entre les quatre doigts et les os du métacarpe allongés outre mesure; cette membrane remplit l'angle compris entre le bras et l'avant-bras; elle se prolonge aussi entre les humérus et les côtés du corps, jusqu'aux pattes de derrière, de même qu'entre celles-ci et la queue. La membrane avec laquelle les chauve-souris volent contient également du tissu élastique. Parmi les reptiles, les ptérodactyles de l'ancien monde étaient des animaux volants; mais le doigt externe seul s'allongeait en support de la membrane, et les quatre autres, réduits aux dimensions ordinaires, portaient des ongles, comme le pouce des chéiroptères.

D'autres animaux de différentes classes ont bien une membrane volitante tendue soit entre les doigts courts, et tous armés de griffes, soit entre le bras et l'avant-bras, ou entre les bras et les jambes; mais cette membrane ne fait l'office que d'une espèce de parachute, comme chez les galéopithèques. On peut en rapprocher la membrane étalée entre les membres antérieurs et postérieurs des *Pteromys* et des *Petaurus*, ainsi que celle qui couvre les côtes postérieures allongées des dragons.

Certains poissons (*Dactylopterus*, *Exocœtus*) peuvent se soutenir quelque temps au-dessus de l'eau à l'aide de leurs nageoires pectorales, qui ont une grande longueur.

(1) Latte, dans les *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*, t. I.

Reptation.

Dans la reptation et la marche, c'est un corps solide qui oppose la résistance. Ces deux mouvements ne diffèrent pas essentiellement l'un de l'autre; seulement, dans le second, des membres spéciaux servent à l'appui et à la projection du corps, tandis que, dans le premier, ces deux effets dépendent de parties aliquotes d'un corps allongé en forme de ver. Pendant la marche, les angles des jambes sont alternativement étendus et fermés; pendant la reptation, c'est le corps même qui s'arque et se détend. Les deux mouvements peuvent avoir lieu ou dans l'eau ou dans l'air. La manière de ramper varie beaucoup. Le mode qui se rapproche le plus de la marche, est celui dans lequel il n'y a que deux points du corps qui touchent au sol, tous les autres étant soulevés. Les sangsues, par exemple, fixent la partie postérieure de leur corps au sol à l'aide de la ventouse, allongent le corps, fixent de même l'extrémité antérieure, attirent à elles l'arrière-train, le fixent à son tour, et reportent le corps en avant. Chez d'autres vers, tels que celui de terre, ce jeu se répète plusieurs fois dans la longueur du corps, et la sangsue peut aussi ramper de même; il y a là beaucoup de parties qui s'appuient, tandis que d'autres sont poussées en avant du point d'appui. Les moyens de fixation sont ou des anneaux, ou des soies, ou des moignons de pattes couverts d'aspérités, comme chez les chenilles. Ce qu'il y a de plus remarquable et de plus énigmatique, c'est la reptation des limaçons sur la surface de leur pied. En plaçant un de ces mollusques sur une plaque de verre, on voit le corps s'avancer d'une manière parfaitement uniforme, et l'on n'aperçoit qu'un mouvement ondulatoire à la surface du pied. Comme il n'y a pas d'autres appareils pour procurer l'appui nécessaire au mouvement dans une direction, on doit présumer que certaines parties du pied s'élèvent ou agissent en manière de ventouses, et opèrent ainsi une fixation momentanée, qui est bientôt transmise à d'autres parties.

La reptation des serpents s'opère d'une manière toute spéciale; le corps s'avançant continuellement et rapidement dans la direction d'une ligne horizontale onduleuse, par laquelle toutes ses parties passent l'une après l'autre. L'appui a lieu au moyen de l'extrémité des côtes et des écailles; l'animal tire à lui les parties situées en arrière, et projette les antérieures en avant.

Marche et course.

Dans la natation, le corps est porté par l'eau, ou en totalité, ou en partie, et sa force ne sert guère qu'à la projection de la masse. Dans le vol, le milieu ne porte pas le corps, et l'animal est obligé d'employer assez de force pour compenser la chute après chaque projection. Dans la marche, le corps est porté et mû par sa propre force, et ce mouvement a cela de particulier encore qu'alternativement le corps se trouve porté par un membre appuyé contre le sol, tandis que l'autre le projette en avant. Un bateau que l'on ferait mouvoir à l'aide d'un croc implanté dans le sol, représenterait une moitié de ce mouvement. Ce que l'eau fait ici pour le port du fardeau, l'une des jambes doit l'opérer pendant le mouvement de la marche dans l'air. Dans le saut, où le corps reste quelque temps en l'air par

suite de la projection qui lui a été communiquée, ce second temps du mouvement manque jusqu'à la fin du saut ; ici le corps se soutient, comme dans le vol, par le même mouvement qui l'a projeté, mais le milieu servant d'appui diffère, puisque c'est un corps solide. A la fin de l'effet d'un coup d'aile, le corps de l'oiseau se trouve garanti de la chute par un nouveau mouvement de projection ; à la fin du saut, c'est en se soutenant lui-même que le corps prévient sa chute.

Le moyen à l'aide duquel ces mouvements s'accomplissent est l'extension de deux articulations ployées en sens inverse, celle du pied et celle du genou. Par là se trouve opérée la projection du centre de gravité, tandis que l'autre membre porte le fardeau vers l'extrémité de cette projection. Les deux membres alternent ensemble pour le port et le mouvement du fardeau. Comme ces mouvements partent toujours du côté, le membre qui s'étend donne au tronc une impulsion, non seulement en avant, mais encore un peu du côté opposé. Quant au bras, il s'avance toujours du côté de l'extrémité qui s'étend.

Les recherches d'E. Weber sur les articulations et celles d'E. Weber et G. Weber sur les mouvements de la marche et de la course (1), ont signalé un grand nombre de faits remarquables, qui ont trait à ces deux modes de locomotion, et qu'on avait négligés. Elles ont porté cette branche de la physiologie à un degré de précision rationnelle inconnu jusqu'ici. Je vais en présenter les résultats les plus importants.

En tête, et comme clef d'une foule d'autres faits remarquables, se place la découverte d'E. Weber, que la pesanteur du membre inférieur ne peut éloigner la tête du fémur de la surface de la cavité cotyloïde, qui s'y adapte exactement ; la seule pression de l'air suffit pour l'y retenir appliquée, et c'est dans cette situation que ses mouvements s'exécutent. On a beau couper tous les muscles qui entourent l'articulation coxo-fémorale, le poids du membre ne détache pas la tête de la cavité qu'elle remplit. Mais, dès que l'air peut agir sur la surface de cette tête à l'aide d'un trou pratiqué par le bassin, sur-le-champ elle tombe. Les frères Weber ont aussi examiné l'influence de la machine pneumatique sur l'articulation ; j'étais présent à leurs expériences, avec Magnus. L'articulation coxo-fémorale d'un homme fut dépouillée de toutes les parties qui l'entourent ; on scia le fémur au-dessous des trochanters, on ouvrit la capsule avec circonspection par une incision circulaire, on attacha un poids de deux livres au fémur, et l'on suspendit l'articulation dans une cloche. Lorsqu'on eut enlevé assez d'air pour réduire la pression à un pouce, la tête s'abaissa rapidement de sept lignes, sans cependant abandonner le rebord cartilagineux ; en laissant rentrer l'air, on la vit remonter non moins vite. Alors même qu'on l'avait violemment éloignée de la cavité cotyloïde, puis réappliquée avec force, de manière à chasser tout l'air intermédiaire, elle tenait assez pour qu'il fût difficile de la retirer par une traction verticale ; l'articulation, plongée dans le vide, présentait les mêmes phénomènes ; mais alors la tête sortait réellement de la cavité, quand la pression était réduite à un pouce. Toutes les amphiarthroses paraissent être dans le même cas. D'après cette importante découverte, la seule pression de l'air suffit pour faire que le membre pen-

(1) *Mécanique des organes de la locomotion chez l'homme*, trad. par A.-J.-L. Jourdan, dans le t. II de l'*Encyclopédie anatomique*. Paris, 1843, in-8 et atlas de 17 planches.

dant conserve ses rapports avec l'articulation dans tous les modes de rotation, et il n'est pas possible à la tête du fémur de quitter la cavité cotyloïde par le seul fait du relâchement des muscles. Au contraire, lorsqu'on gravit une haute montagne, où l'air est très raréfié, la force des muscles devient nécessaire pour maintenir les têtes des os dans leurs cavités articulaires, et il paraît que c'est à cela qu'il faut attribuer le genre particulier de lassitude qu'éprouvent ceux qui voyagent dans des régions très élevées. Ainsi, c'est seulement dans un espace où l'air est raréfié que les articulations peuvent devenir lâches et mal assurées.

Les frères Weber ont appelé aussi l'attention sur l'importance du rôle que les oscillations des membres jouent dans la marche. Lorsqu'on a l'une des jambes placée sur un support élevé, l'autre, mise en mouvement, peut osciller comme un pendule. Ces vibrations peuvent aussi avoir lieu quand on a l'une des jambes sur un sol plat, et qu'on fléchit l'autre assez pour qu'elle ne pose point à terre. Leur durée, comme celle des oscillations d'un pendule, dépend de la longueur de la jambe et de la manière dont sa masse est répartie ; aussi sont-elles plus rapides chez les hommes à jambes courtes, et plus lentes chez ceux qui ont les jambes longues. Mais leur nombre est toujours le même, dans un temps donné, chez un même sujet. Cette propriété des jambes, jointe à la circonstance que le pas de la jambe postérieure, préalablement tendue, commence toujours par une oscillation, fait que les pas peuvent avoir la plus grande régularité, même alors que notre attention ne se porte point d'une manière spéciale sur la marche. Dans la marche, la jambe agitée du mouvement oscillatoire est un peu fléchie, pour ne pas heurter contre le sol.

Voici maintenant quel est le mécanisme de la marche. Les deux jambes alternent ensemble dans la fonction de porter le tronc, et le moment où l'extrémité porte fait promptement place à celui où, par le soulèvement du talon, elle projette en même temps le tronc. Au moment où le mouvement de projection est accompli par la jambe de derrière A, le corps repose sur la jambe B ; mais, pendant le mouvement de projection du corps, ce membre portant prend une direction oblique afin de pouvoir, tandis que la jambe A exécute son oscillation en avant pour le nouveau pas, s'allonger en détachant la plante du pied du sol, et donner une nouvelle impulsion au corps. Le membre A, qui se trouve osciller en avant, devient alors celui qui sert d'appui, etc. Les frères Weber comparent le détachement de la plante du pied au roulement d'une roue sur le sol ; il allonge le pas de toute la longueur du pied. On peut distinguer deux temps dans chaque pas, l'un pendant lequel le corps n'est en contact avec le sol que par une seule jambe, et l'autre, plus court, pendant lequel ce sont les deux jambes à la fois qui établissent ce contact. La marche très rapide, qui tient de près à la course, est la seule durant laquelle une jambe commence à porter lorsque l'autre cesse de le faire. Dans la marche ordinaire, il y a, entre ces deux états, une transition qui dure depuis le moment où la jambe de devant s'applique sur le sol jusqu'à celui où la jambe de derrière l'abandonne. Suivant Weber, cet intervalle, dans la marche lente, est à peu près moitié du temps qu'on reste sur une jambe ; plus on marche vite, plus il se raccourcit.

Le tronc reste incliné en avant pendant la marche, et cette disposition est nécessaire pour marcher aisément ; car il y a impossibilité de mouvoir en avant,

sans qu'elle tombe, une verge perpendiculaire qu'on balance sur ses doigts. Si l'on voulait marcher le corps droit, il faudrait qu'à chaque instant la force musculaire rétablît l'équilibre dérangé par la résistance de l'air. Dans la marche rapide, il y a inclinaison plus grande du corps, on reste très peu ou même on ne reste pas du tout sur les deux jambes à la fois, enfin les pas sont grands et précipités. Les conditions fondamentales de tous ces effets tiennent, comme l'ont fait voir E. et G. Weber, à la hauteur moindre qu'on donne aux deux têtes des fémurs au-dessus du sol. Lorsque ces têtes sont portées bas, les pas sont plus grands, parce que la jambe qui doit être menée en avant ne peut s'éloigner que très peu de la ligne verticale quand son extrémité supérieure est située haut. Mais les pas ont moins de durée aussi en pareille circonstance ; car plus les têtes des fémurs sont basses pendant la marche, et plus la jambe qui sert d'appui est inclinée, plus le mouvement qu'elle donne au tronc est rapide. Quant à ce qui concerne le nombre des pas dans un temps donné, il dépend en partie de la longueur de la jambe qui se porte en avant, en partie du plus ou moins de durée des oscillations qu'elle exécute. Plus la jambe est longue, plus ses oscillations sont lentes, abstraction faite de l'accélération que leur communique l'effort musculaire : aussi, en laissant de côté cette dernière circonstance, y a-t-il, pour chaque homme, un certain nombre de pas qu'il ne peut outrepasser sans être gêné dans sa marche ; ce plus grand nombre possible de pas, compatible d'ailleurs avec une marche commode, a lieu quand la jambe oscillante se pose après avoir exécuté la moitié seulement de son oscillation. Mais la succession des pas peut être ralentie quand on laisse à la jambe oscillante le temps de parcourir, avant qu'elle se pose, plus de la moitié de son arc d'oscillation.

Il est dans la nature de la marche que, après chaque impulsion, le corps s'élève un peu, puis s'abaisse. Cependant, comme les jambes peuvent s'allonger et se raccourcir, ces oscillations verticales sont très courtes, et ne s'élèvent qu'à environ trente-deux millimètres, selon Weber.

Les oscillations des bras ont toujours lieu en sens inverse de celles des jambes. La jambe arc-boutée communique au tronc une impulsion dont la suite pourrait être la projection de la jambe opposée et des deux bras. Cependant, avec la jambe opposée, il ne part jamais que le bras correspondant à la jambe arc-boutée, celui de l'autre côté se trouvant en oscillation rétrograde. Cette répartition des oscillations, qui nous est devenue tellement familière qu'elle s'établit d'elle-même à notre insu, ne contribue pas peu à la bonne tenue et au maintien de l'équilibre. Ainsi il se projette à la fois d'eux-mêmes, d'un côté une jambe, et de l'autre côté un bras, ce qui corrige les fautes qui pourraient, dans le mouvement du tronc, résulter de l'oscillation en avant de la jambe.

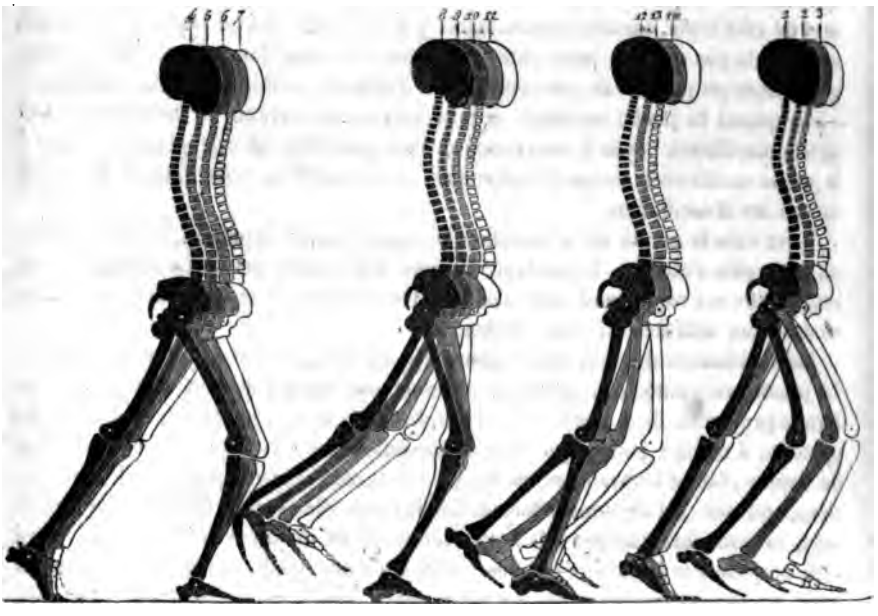
Ce qui caractérise la course, c'est qu'il n'y a jamais qu'une seule jambe qui touche terre, au lieu qu'à un certain moment, dans la marche, les deux extrémités inférieures se trouvent en contact avec le sol. Dans la course rapide, il y a même un instant où le corps ne s'appuie ni sur l'une ni sur l'autre, et demeure suspendu en l'air, en vertu du mouvement de projection qu'il a reçu.

La marche des quadrupèdes a lieu, en général, d'après les mêmes principes que celle des bipèdes : seulement, elle présente un plus grand nombre de modifications relativement à la manière dont les animaux appuient sur le sol et à la

succession ou à la simultanéité des actions de leurs membres. Certains animaux, comme les singes, les ours, etc., marchent sur la plante des pieds. Le tarse s'élève déjà chez les marsupiaux. Les digitigrades et les carnivores ne s'appuient que sur les doigts seulement ; les chats marchent sur les deux dernières phalanges, les premières, ou onguéales, étant rétractées par des ligaments élastiques. Les cochons, les solipèdes, les ruminants ne prennent leur appui que sur la phalange onguéale ; les ruminants sur celles des deux orteils seulement, les autres n'atteignant pas jusqu'au sol ; les solipèdes sur une seule.

Le concours des quatre extrémités varie beaucoup dans la marche. C'est par les pattes de derrière et le déploiement de leurs articulations que la première impulsion est donnée au mouvement. Les pattes de devant servent principalement à l'appui. Dans certain cas néanmoins, où ces dernières sont construites d'une manière défavorable à la marche, l'animal porte ses pattes antérieures en avant, et s'en sert pour tirer son corps. Tel est le cas des paresseux.

Fig. 96.



Le *pas* se compose de quatre actions différentes, et les quatre jambes s'avancent l'une après l'autre dans un ordre déterminé $\frac{a\,b}{c\,d}$; d'abord a, puis d, ensuite b, et enfin c (1). Ainsi les jambes diagonales se portent en avant l'une après l'autre,

(1) La figure 96, représente les situations simultanées des deux jambes pour la durée d'un pas. Afin de rendre l'aperçu plus facile, ces situations ont été partagées en quatre groupes. Le premier groupe (4 à 7) représente les diverses situations que les deux jambes prennent simultanément tandis qu'elles posent toutes deux sur le sol ; le second (8 à 11), les diverses situa-

et elles forment l'appui, tandis que le corps reçoit l'impulsion par le déploiement des articulations de la jambe postérieure restée en arrière. Pendant cette projection sur l'appui des jambes diagonales portées en avant, la jambe antérieure diagonale à celle de derrière qui fait arc-boutant se porte en avant, et celle-ci ne tarde pas à la suivre. Alors les membres diagonaux qui servaient d'appui changent de rôle avec les deux autres; la jambe de derrière, sur laquelle l'animal s'appuyait, est devenue la plus postérieure, et c'est elle qui pousse. Tel est le mode de progression le plus ordinaire, tant chez les mammifères que chez les reptiles.

Dans l'*amble*, le corps repose alternativement sur les deux pieds latéraux, en sorte qu'il oscille d'un côté à l'autre. On observe cette marche chez les poulains, chez les chevaux ruinés, et aussi chez la girafe.

Le *trot* n'a que deux temps, à chacun desquels se soulèvent les deux jambes diagonales. C'est la marche accélérée ordinaire des mammifères. On le rencontre aussi dans la classe des reptiles, par exemple chez les salamandres.

Le *galop* présente trois mouvements. Le corps entier se soulève sur les jambes de derrière, dont l'effort le rejette en avant. Les jambes de devant se lèvent en deux temps, c'est-à-dire l'une après l'autre, de droite à gauche (galop à droite), ou de gauche à droite (galop à gauche), puis la partie postérieure du corps se détache du sol par le déploiement des articulations, et les jambes de derrière sont portées en avant, etc. Plus les jambes de derrière sont hautes, plus l'animal, en les arc-boutant pour mouvoir le tronc en avant, est obligé de soulever la partie antérieure de son corps, afin que celui-ci ne tombe pas. C'est ce que sont forcés de faire, par exemple, les lièvres et les souris. Ces animaux marcheraient peu commodément à la manière des autres quadrupèdes. Leur marche ressemble au temps du saut. Sur un sol plat, les rongeurs avancent les pattes de devant, et tirent ensuite celles de derrière, sorte de mouvement dont les grenouilles offrent aussi l'exemple.

Dans le *galop forcé*, il y a deux temps. Il diffère du galop simple, en ce que les jambes de devant se lèvent aussi en même temps l'une que l'autre.

Cuvier avait déjà fait remarquer que, dans les mouvements des mammifères, leurs articulations se fléchissent et s'étendent suivant des plans presque parallèles à la colonne vertébrale. Chez les quadrupèdes ovipares, comme les lézards et autres, les articulations du genou et du coude sont, au contraire, dirigées souvent fort en dehors, ce qui influe sur la position des pattes; de là vient qu'il est si facile de distinguer la trace de ces animaux de celle d'un mammifère.

Saut.

Le saut (1) est un déplacement ayant pour caractère que le corps demeure plus longtemps tout à fait détaché du sol. Il a lieu par l'extension de trois articulations

tions que les deux jambes acquièrent pendant que celle qui est soulevée se trouve fort en arrière de la jambe appuyée; le troisième (12 à 14), les diverses situations que les deux jambes prennent dans le temps que la jambe oscillante passe au devant de la jambe appuyée; le quatrième, enfin (1 à 7), les diverses situations que les deux jambes acquièrent pendant le temps que la jambe oscillante s'est portée fort en avant de l'autre (*Encyclopédie anatomique, atlas*, pl. XIII, fig. 10).

(1) Treviranus, dans *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. IV, p. 87.

qui, auparavant, se trouvaient fléchies en sens inverses les unes des autres, celles de la hanche, du genou et du pied. Avant le saut, l'animal s'appuie ou sur la plante entière du pied, ou sur les orteils seulement : dans le premier cas, la plante entière se détache au moment de l'extension de l'articulation ; dans le second, l'articulation du pied, déjà étendue pour se préparer au saut, s'étend encore davantage. Toujours le corps est préalablement incliné sur les cuisses. Un déploiement simultané des trois articulations est nécessaire pour produire un mouvement qui ait la force de soulever le corps à une grande distance du sol. S'il n'y avait pas de résistance, l'extension produirait l'allongement du corps aux deux extrémités opposées ; mais l'obstacle fourni par le terrain fait que, l'impulsion étant communiquée au centre de gravité du corps, celui-ci décrit un mouvement de projection suivant la direction moyenne des articulations qui se déploient. La direction du saut ne dépend pas uniquement de l'inclinaison d'un des segments des extrémités, et, par exemple, il n'est pas nécessaire, pour sauter verticalement, que la cuisse soit presque perpendiculaire au sol, comme le prétend Treviranus. L'inclinaison de la cuisse par rapport au sol peut être celle qu'on voudra lui donner, et cependant on n'en parviendra pas moins à sauter soit en haut, soit en avant, soit en arrière. Les moyens qui servent essentiellement au saut deviennent plus évidents lorsqu'on cherche à exécuter le saut en arrière le plus simplement possible. Effectivement, on peut sauter en arrière sans la participation de l'articulation du pied, en se posant sur le bord des talons de la chaussure, et étendant avec force l'articulation du genou préalablement pliée, sans que l'articulation coxo fémorale exécute aucun mouvement. En pareil cas, le corps reçoit un mouvement oblique dans la direction d'une ligne tirée entre le talon et l'articulation de la hanche, et, comme cette ligne tombe derrière la perpendiculaire abaissée du centre de gravité sur les talons relevés, le corps reçoit, dans l'articulation coxo-fémorale, une impulsion de bas en haut et d'avant en arrière.

On peut aussi, élevant la plante du pied entière, sans étendre l'articulation du pied, sauter en arrière par la détente de l'articulation fémoro-tibiale. Le cas où l'on saute en arrière en se tenant sur les orteils est absolument le même : il n'y a de différence que par rapport au point d'appui ; l'impulsion a lieu également par l'articulation du genou. C'est ce qui fait qu'on ne peut plus sauter en arrière dès que l'articulation de la hanche se trouve portée jusqu'à la perpendiculaire du centre de gravité ou du point d'appui.

On parvient à sauter en avant en se tenant sur les talons, de manière que le déploiement de l'articulation du pied ne prenne aucune part au saut. Si l'on s'observe alors, on voit que le genou conserve sa flexion presque sans changement, mais que l'angle compris entre le tronc et la cuisse s'ouvre beaucoup, et que le tronc entier prend part au mouvement. Les deux bouts de l'arc qui se déploie sont ici, l'un, le membre tout entier, tenu roide, depuis le talon jusqu'à la tête du fémur, l'autre le tronc entier : ces deux bouts tendent à s'écarter dans une direction qui tombe au-devant de la perpendiculaire au point d'appui.

Il est possible aussi de sautiller en avant, les genoux ployés et roides, par le seul déploiement de l'articulation du pied, lorsque la ligne que les deux bouts de cet arc font effort pour atteindre s'incline en avant de la perpendiculaire au point d'appui.

Enfin on peut sauter en avant et en arrière avec le secours de toutes les articulations, dès que la direction moyenne que celles-ci donnent au corps tombe soit en avant, soit en arrière, ou que la direction de leur développement tombe en dehors du point d'appui.

Le saut perpendiculaire peut avoir lieu quelle que soit l'inclinaison des diverses articulations, pourvu que les différentes impulsions se compensent assez bien pour que la moyenne soit parallèle à la perpendiculaire.

Chez les quadrupèdes, le saut a lieu de deux manières, avec ou sans appui du corps sur les membres de devant. Dans le premier cas, le corps s'arc-boute sur les membres de derrière, dont l'effort le jette en avant; les pattes de devant se soulèvent aussitôt, et entraînent avec elles celles de derrière. Parmi les sauteurs qui ne se servent pas de leurs pattes de devant, on compte plusieurs mammifères qui ont ces pattes très courtes, et celles de derrière fort longues, comme les gerboises, les macroscélides, les halmatures, un grand nombre d'oiseaux sautillants, notamment parmi les passereaux, et, chez les reptiles, les grenouilles.

Action de grimper.

Le mécanisme de l'action de grimper est suffisamment connu. Les animaux grimpeurs se fixent tantôt par leurs ongles, comme les chats, les écureuils, les didelphes, les phalangistes et les oiseaux grimpeurs qui ont un ou deux doigts dirigés en arrière; tantôt, comme les didelphes et les phalangistes, au moyen d'une queue préhensile, et même d'un pouce opposable aux pieds de derrière. D'autres doivent la faculté d'embrasser les corps à la longueur et à la liberté de leurs doigts, comme les singes, dont les quatre pouces sont opposables, et parfois en même temps à leur queue préhensile, comme les alouattes et les sapajous. Les singes sans pouce ne sont pas moins habiles à grimper, parce qu'ils ont des doigts fort longs, et que leur queue est enveloppante. Les paresseux grimpent au moyen de leurs longues griffes qu'ils implantent dans l'écorce des arbres, et les fourmiliers ont de plus une queue susceptible de s'enrouler : la longueur des ongles fait que les uns et les autres marchent mal, et qu'ils s'appuient de préférence sur le bord externe du pied; la longueur démesurée des bras et des avant-bras du paresseux le rend même si peu propre à marcher sur ses pattes, que, quand il se trouve à terre, il s'appuie sur ses coudes. Cependant on a tort de dire que la nature a traité ces animaux en marâtre, puisque leurs membres sont aussi favorablement disposés qu'ils pouvaient l'être pour grimper et se mouvoir sur les arbres. On peut leur comparer, parmi les reptiles, les caméléons, qui ont les doigts séparés en deux paquets, l'un antérieur, l'autre postérieur, et dont, en outre, la queue est enveloppante.

C'est à l'anatomie comparée qu'il appartient de faire ressortir la construction si variée des membres chez les vertébrés, suivant que ces animaux sont destinés à voler, à nager, à empoigner, à grimper, à fouir. Quelle énorme différence entre la main d'une raie et celle d'un cheval! Là, un nombre infini de doigts réunis en nageoires et de phalanges, sans bras ni avant-bras, tandis que, chez les mammifères pisciformes, l'accroissement du nombre des phalanges reparaît, mais l'avant-

bras et le bras sont raccourcis; dans le cheval, l'autre extrême a lieu, la main et le pied se trouvent réduits à un seul doigt (1).

Un coup d'œil sur les mouvements, et en particulier sur la locomotion des animaux articulés ne sera pas sans intérêt pour ceux qui s'occupent d'histoire naturelle. Si beaucoup de ces animaux se servent de leurs pattes ambulatoires (*Hydrophilus*), ou de leurs pattes aplaties et ciliées (*Dyticus*, *Notonecta*), comme d'un gouvernail, des hydromètres s'élèvent à la surface de l'eau, et nous offrent le spectacle remarquable d'un corps vivant léger qui sautille à la surface du liquide, sur lequel il fait agir ses pattes. La marche des insectes sur la terre paraît plus régulière qu'au premier abord elle ne semblerait devoir l'être d'après le nombre accru des extrémités. Toute action à laquelle beaucoup de membres prennent part, est rendue plus facile par un ordre déterminé établi entre les appendices; voilà pourquoi la marche des insectes paraît fort simple malgré leurs six pattes. Si l'on observe un de ces animaux marchant avec lenteur, on voit que constamment trois de ses membres sont portés en avant, et servent d'appui, tandis que les trois autres font effort pour pousser le corps; la patte de derrière d'un côté, celle de devant du même côté, et celle du milieu du même côté s'avancent d'abord, puis la patte antérieure de ce dernier côté, sa patte postérieure, et la patte médiane de l'autre côté, de manière que toutes les pattes de l'animal agissent dans les deux pas. Chez les araignées, qui sont octopodes, il paraît que quatre pattes se portent à la fois en avant, tandis que les quatre autres se soulèvent; l'observation présente ici beaucoup plus de difficultés que chez les insectes; cependant il paraît qu'entre deux pattes qui s'avancent, il y en a toujours une qui se lève. De même, chez les cloportes, qui ont quatorze pattes, il semble y avoir un ordre très régulier dans l'action simultanée d'un certain nombre de ces appendices, tandis que l'effet total donne l'impression d'un mouvement ondulatoire. Certains animaux légers, notamment parmi les insectes, ont les pattes armées d'organes dont ils se servent pour se tenir à des surfaces perpendiculaires lisses, ou même pour s'accrocher au plafond (2). Tels sont ceux qu'on trouve à la plante des pattes des mouches, et qui sont peut-être susceptibles d'agir comme des ventouses, au moyen d'une rétraction de leur centre. Tels sont encore, chez d'autres insectes, plusieurs appareils analogues, qui permettent d'opérer, ou une application intime aux surfaces, une adhésion complète, ou même une véritable succion.

Les geckos, parmi les reptiles, offrent une disposition semblable : leurs doigts sont garnis, à la face inférieure, de plis transversaux réguliers, qui rappellent la ventouse des écheneis, et qui produisent probablement, en se redressant, un vide au moyen duquel l'animal se trouve fixé. Ces animaux ont la faculté, à ce qu'on assure, de courir sur des murs perpendiculaires et même sur les plafonds. Je dois aussi mentionner ici le mécanisme à l'aide duquel certains animaux peuvent se tenir facilement dans une situation qui semble exiger de grands efforts musculaires. La station des animaux et de l'homme est le résultat d'un effort soutenu des muscles extenseurs : mais, chez quelques animaux, une disposition spéciale la facilite au point qu'elle peut être prolongée jour et nuit sans fatigue. Les cigognes et plusieurs

(1) *Voy.*, sur la signification physiologique de la main dans les différents ordres d'animaux, l'ouvrage de Charles Bell, *The hand.* Londres, 1834.

(2) Hooke, *Philos. Trans.*, 1644. *Lectures on comp. anatomy*, t. IV, p. 84.

autres oiseaux demeurent quelquefois pendant très longtemps perchés sur une seule patte, et dorment même dans cette situation. Cuvier avait déjà signalé la conformation particulière de l'articulation du pied de la cigogne, qui rend le phénomène possible. Au milieu de la face antérieure de l'extrémité inférieure du fémur, se trouve un creux qui peut recevoir une saillie du tibia ; pour fléchir la jambe, il faut que la saillie sorte du creux, et passe sur son bord postérieur ; mais alors elle tiraille les ligaments plus qu'ils ne le sont dans l'extension, en sorte que ces ligaments maintiennent d'eux-mêmes la jambe étendue comme des espèces de ressorts, et sans que les muscles aient besoin d'y contribuer (1). Cependant la nature n'a point employé ce mécanisme chez tous les animaux capables de se tenir longtemps sur une seule jambe : ainsi, par exemple, il n'existe pas chez les canards. Cette circonstance nous prouve donc que, même pendant le sommeil, l'action des muscles extenseurs chargés de maintenir l'équilibre peut être dominée par la province des organes centraux d'où partent tous les mouvements volontaires.

La manière dont les oiseaux qui se perchent pour dormir serrent les branches est le résultat d'un mécanisme que Borelli avait indiqué le premier. Vicq-d'Azyr révoqua en doute cette explication, en faveur de laquelle Cuvier s'est prononcé avec raison. Les tendons des fléchisseurs des doigts non seulement passent sous l'articulation du talon, et tirent les orteils pendant la flexion du pied, mais encore peuvent être tirés eux-mêmes par un muscle accessoire, situé au côté interne de la cuisse, dont le tendon passe sur l'articulation du genou. La flexion des deux articulations par le poids du corps doit donc fléchir en même temps les orteils, et leur faire serrer mécaniquement la branche. Et cela est si vrai qu'on peut reproduire le phénomène même après la mort de l'animal.

Quelque chose d'analogue a lieu pour d'autres muscles chez le chien. Si l'on étend le genou de cet animal, le gastrocnémien se trouve tendu en même temps et le talon attiré. De là vient qu'un chien peut encore marcher un peu après la section du nerf sciatique, aussitôt que les muscles extenseurs de la cuisse, qui ne se ressentent pas de cette lésion, étendent la jambe.

SECTION III.

DE LA VOIX ET DE LA PAROLE.

Les sons qui constituent la voix et la parole n'ont point pour cause proprement dite des mouvements musculaires ; ils dépendent des vibrations d'un appareil particulier, comparable à un instrument de musique. Cependant c'est à des contractions musculaires que cet appareil doit le degré de tension nécessaire à la production des sons, dont l'élévation et la succession se rapportent aussi à la même cause.

(1) Macartney, dans *Transactions of the Royal Irish Academy*, t. XIII, p. 20.

A ce point de vue donc, l'histoire de la voix et de la parole doit succéder immédiatement à celle des mouvements. Mais, avant de l'étudier, il est indispensable de connaître les conditions générales de la formation du son.

CHAPITRE PREMIER.

Des conditions générales de la production du son.

Une impulsion mécanique soudaine, communiquée à l'organe de l'ouïe, peut faire naître en nous une sensation auditive, telle que celle d'une explosion, si l'action a été violente, ou celle d'un bruit, si cette action a été faible. L'écoulement rapide d'un air comprimé et l'influence également rapide de l'air ordinaire dans un espace vide, produisent l'impression du son sur l'organe de l'ouïe, lorsque l'ébranlement du fluide aérien est transmis à cet appareil. Mais, pour que des sons d'une valeur soutenue et comparable soient sentis, il suffit d'un certain mode d'impulsion mécanique, c'est-à-dire d'une impulsion uniforme qui se répète avec rapidité dans un très court espace de temps. De la fréquence des impulsions ou chocs dépend la sensation du degré d'élévation des sons.

La plupart du temps, lorsque nous entendons des sons, c'est parce que les vibrations d'un corps résonnant se sont propagées jusque dans l'intérieur de l'oreille et transmises au nerf auditif. Or, en partant du fait que les corps qui résonnent sont élastiques, soit par leur cohérence, comme les corps rigides, soit par leur pression ou leur force expansive, comme les gaz, soit enfin par leur tension, comme les cordes, et que tous les corps sonores vibrent lorsqu'ils donnent des sons, on est tenté d'admettre que les vibrations sont la seule cause essentielle de la production du son. Mais on prendrait une idée bien fausse de la nature de ce dernier, si l'on croyait qu'un mouvement vibratoire finalement communiqué au nerf auditif lui-même est nécessaire pour faire naître la sensation du son. La cause prochaine de cette sensation semble bien plutôt, même pour les sons dus à des oscillations de corps résonnants, tenir aux chocs, régulièrement reproduits par l'effet des mouvements vibratoires, qui se transmettent au nerf acoustique. C'est ce qu'on peut conclure de la considération des sons qui naissent, non de vibrations d'un corps élastique, mais de simples chocs se succédant avec rapidité. Si l'on présente une languette de bois aux dents d'une roue qui tourne sur elle-même, chacun des chocs produit une impulsion sur l'organe auditif, et par là donne lieu à la sensation d'un bruit; mais, si la roue tourne avec beaucoup de vitesse, au lieu de chocs isolés, on perçoit un son dont l'acuité croît avec la rapidité des chocs. Les sons qu'on peut produire par le moyen d'un courant de gaz ou de liquide, d'eau ou de mercure, rapidement et régulièrement interrompu, sont d'un plus grand intérêt encore pour faire connaître la cause essentielle à laquelle tient la production du son, et pour prouver que celle-ci dépend d'une succession rapide de chocs; ils acquièrent même d'autant plus d'importance que les liquides, n'ayant point d'élasticité, sont impropres à produire des sons par des vibrations analogues aux oscil-

lations d'un pendule. Ces conditions se trouvent réunies dans la sirène imaginée par Cagniard-Latour. Là, un courant de liquide qui s'écoule par une ouverture est interrompu momentanément par chaque dent d'une roue tournant avec vitesse sur elle-même ; si la roue se trouve placée sous l'eau, et qu'elle ne fasse que déterminer des interruptions rapides et régulières du courant amené de bas en haut par pression, les chocs qui en résultent produisent, lorsqu'ils se succèdent avec assez de rapidité, un son clair, dont l'acuité croît avec la vitesse des interruptions ou chocs.

Au point de vue de l'organe de la voix humaine, les corps qui nous intéressent le plus sont ceux qui donnent, par des vibrations, le nombre nécessaire de chocs rapidement répétés. Il n'y a que les corps élastiques qui soient susceptibles de produire ainsi des sons. Une impulsion communiquée à l'une de leurs parties se propage au tout, et fait exécuter au corps des oscillations semblables à celles d'un pendule ; les chocs déterminés par les vibrations se communiquent aux corps qui sont en contact avec celui-là, et parviennent ainsi, de proche en proche, à l'organe auditif.

A mesure que les sons deviennent plus aigus, le nombre des vibrations augmente. Le son le plus grave dont on fasse usage en musique, l'*ut* du tuyau d'orgue de trente-deux pieds, donne par seconde 32 vibrations de l'air contenu dans le tuyau ; l'*ut* des octaves suivantes en donne 64, 128, 256, etc. Comme il n'importe en rien que les impulsions soient dues au choc des dents d'une roue ou aux vibrations d'un corps, l'instrument imaginé par Savart, et dans lequel les sons sont déterminés par les chocs des dents d'une roue contre un corps, fournit un moyen facile de connaître avec précision le nombre des vibrations que chaque son comporte.

Les vibrations d'un corps résonnant peuvent avoir lieu dans toute son étendue. Mais ce corps peut aussi se diviser en parties aliquotes, qui vibrent suivant des directions opposées, tandis que les points d'intersection, appelés nœuds de vibration, demeurent en repos. Des chevrons de papier posés sur les nœuds ne remuent point. Les vibrations peuvent aussi varier de direction, être transversales, longitudinales, ou tournantes. Un exemple de vibrations transversales nous est fourni par une corde tendue entre deux points et oscillant d'un côté à l'autre, ou par une verge métallique fixée à l'un de ses bouts. Dans les vibrations longitudinales de l'air, des cordes et des verges, vibrations qu'on détermine sur les cordes et les verges en les frottant suivant leur longueur, les molécules du corps éprouvent, l'une après l'autre, une contraction et une expansion alternatives, qui, une fois arrivées à l'extrémité, ou au nœud de vibration, reviennent sur elles-mêmes. Les vibrations tournantes n'ont été observées par Chladni que dans les verges.

Les corps qui résonnent par vibrations sont ou des fluides élastiques, comme l'air ; ou des corps élastiques par tension, comme les cordes tendues ; ou des corps solides élastiques par eux-mêmes, comme les verges métalliques et les disques de métal ou de verre. Les lois d'après lesquelles les vibrations productives du son ont lieu dans ces différentes classes de corps résonnants sont d'une grande importance pour l'établissement de la théorie de la voix humaine. Nous allons les passer rapidement en revue, afin de reconnaître à quelle classe d'instruments sonores appartient l'organe vocal de l'homme. Nous suivrons surtout pour cela les recherches de

Chladni (1), de Biot, de Savart et de G. Weber. Nous rapporterons aussi quelques observations qui nous sont propres sur ceux des instruments de musique qui ont le plus d'affinité avec l'organe de la voix humaine.

CORPS SOLIDES ÉLASTIQUES.

Ces corps sont élastiques, les uns par tension, comme les cordes et les membranes tendues; les autres par eux-mêmes, comme les verges et les plaques métalliques. Tantôt on n'a égard qu'à l'épaisseur et à la longueur, comme pour les corps qui sont filiformes; tantôt on prend en considération plusieurs dimensions, comme pour ceux qui sont membraniformes. Les cordes sont des corps filiformes élastiques par tension, et les membranes tendues sont des corps membraniformes qui doivent leur élasticité à la même cause. Les verges métalliques, droites ou courbes, sont des corps filiformes élastiques par eux-mêmes; les plaques droites ou courbes, comme les cloches, sont des corps membraniformes possédant l'élasticité en eux-mêmes.

Corps élastiques par tension.

Corps filiformes élastiques par tension; cordes.

Le nombre des vibrations augmente à mesure que la longueur de leurs courbures diminue, comme il arrive aux oscillations du pendule, et avec le nombre des vibrations croît l'élévation du son.

Quand une corde tendue vibre en plein, c'est-à-dire dans toute sa longueur, elle donne le son le plus grave qu'on puisse obtenir d'elle, et qui porte aussi le nom de son fondamental. Lorsque, sans rien changer à sa tension, on la divise en deux parties égales, à l'aide d'un chevalet placé en dessous, le son produit est l'octave du son fondamental, et il résulte d'un nombre de vibrations double de celui qui donne naissance à ce dernier. Si, la tension restant toujours la même, on isole un quart de la corde, et qu'on le fasse résonner, on obtient la seconde octave du son fondamental, résultat d'un nombre quadruple de vibrations. A égalité de tension, d'épaisseur et de substance, les nombres des vibrations des cordes dans un temps donné sont réciproques aux longueurs. Pour les cordes de même longueur, mais inégalement tendues, ces nombres sont directement proportionnels aux carrés des poids qui les tendent.

Les nombres des vibrations pour les sons compris entre le son fondamental et la première octave s'obtiennent, la tension demeurant la même, en raccourcissant la corde, et ramenant sa longueur aux fractions comprises entre 2 et 1. Ainsi, en supposant que le nombre des vibrations du son fondamental soit à celui de l'octave :: 1 : 2, ceux des sons compris dans la gamme se comportent de la manière suivante :

1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
ut,	*ré*,	*mi*,	*fa*,	*sol*,	*la*,	*si*,	*ut*,
Son fondamental.		Tierce.		Quinte.			Octave.

(1) *Traité d'acoustique*. Paris, 1809.

Tandis qu'une corde exécute, dans toute sa longueur, le nombre de vibrations propre au son fondamental, elle peut en même temps faire, par ses parties aliquotes, des vibrations rapides qui correspondent à d'autres sons plus aigus. En effet, quand on frappe un monocorde, instrument à l'aide du quel on évite les sons provenant de la résonnance d'autres cordes voisines, on entend, avec un peu d'attention, non seulement le son fondamental, mais encore quelques autres, particulièrement ceux qui ont des rapports numériques simples avec le premier, par exemple, la quinte de l'octave et la tierce de la double octave.

Si l'on appuie légèrement le doigt sur une corde tendue, à l'extrémité du tiers, du quart, du cinquième, etc., de sa longueur, de manière à faire naître en cet endroit un nœud de vibration, et qu'ensuite on la frotte avec un archet de violon, il se forme aussi des nœuds de vibration entre les autres tiers, quarts ou cinquièmes, et, au lieu du son fondamental, la corde donne les sons plus aigus, appelés *flûtés* ou *harmoniques*, qui correspondent à ces longueurs et à leurs nombres de vibrations.

Comme on peut, pour faire produire des sons graves aux cordes, suppléer à ce qui leur manque du côté de la longueur, en diminuant leur tension, afin qu'elles fassent moins de vibrations dans un temps donné, la théorie indique qu'on parviendrait à produire tous les sons avec une corde très courte en changeant sa tension. Cependant, lorsque les cordes sont détendues, elles vibrent avec trop d'irrégularité, à cause de leur défaut d'élasticité, pour qu'il soit encore possible d'obtenir d'elles un son grave quand elles sont très raccourcies et détendues. Mais celles auxquelles le défaut de tension n'enlève pas toute élasticité, par exemple celles en caoutchouc, peuvent encore être aptes, même lorsqu'elles sont très courtes, à donner des sons graves, et des lames élastiques tendues dans une certaine direction sont également propres, malgré leur brièveté extrême, à produire des sons très purs, lorsqu'elles limitent une fente étroite, et que l'air, pressé en passant au-devant d'elles, les maintient en vibration. Je reviendrai là-dessus en parlant des instruments à anche.

Corps membraniformes élastiques par tension.

Les membranes tendues dans un seul sens sont soumises aux même lois que les cordes, pour ce qui concerne les changements de leurs sons. On ne connaît pas bien encore la loi d'après laquelle les nombres des vibrations varient selon la grandeur et la tension dans les membranes tendues de tous les côtés. On sait que l'élévation du son augmente, en général, avec la tension. Une connaissance plus approfondie de la manière dont vibrent ces instruments serait sans importance pour la théorie de la voix humaine. Les ligaments intérieurs de la glotte représentent des membranes tendues dans un seul sens; nous examinerons plus tard si leur petitesse permet qu'ils produisent des sons clairs à eux seuls et sans le concours de l'air.

Corps élastiques par eux-mêmes.

Verges droites et courbes.

Les vibrations de ces verges ressemblent à celles des cordes. L'élasticité des

verges rigides remplace la tension des cordes : aussi vibrent-elles également, qu'elles soient fixées aux deux bouts ou à un seulement. On fait résonner ces verges ou languettes en les frappant. Si les lames en métal ou en bois sont assez minces, elles peuvent aussi être mises en vibration par un courant d'air, quand ce fluide vient à être pressé entre elles et un cadre dans lequel elles sont fixées. C'est le cas des tuyaux à anche. Les sons que ces languettes sont aptes à produire seules obéissent aux mêmes lois que ceux qui proviennent de verges libres. Nous reviendrons là-dessus en traitant des instruments à anche. On a un exemple d'une simple languette sans tuyau, mise en vibration par le courant d'air, dans le petit instrument appelé *harmonica à bouche*, dont on peut aussi faire parler les languettes au moyen d'un soufflet.

L'élévation des sons, ou le nombre des vibrations, change, dans les verges, suivant une autre loi que dans les cordes. En effet, elle est proportionnelle aux épaisseurs, et réciproque aux carrés des longueurs.

Corps membraniformes rigides, droits et courbes; plaques, cloches.

L'organe de la voix n'a d'analogie ni avec les corps filiformes ni avec les corps membraniformes élastiques par eux-mêmes; nous pouvons donc abandonner tout de suite ces agents de la production du son.

FLUIDES ÉLASTIQUES; AIR.

Les vibrations de l'air, quand il résonne, consistent en une succession rapide de condensations et de dilatations alternatives qui, dans le jeu de flûte de l'orgue, suivent une direction longitudinale. Dans la plupart des instruments à vent, l'air est l'agent producteur du son, parce qu'il éprouve le long de l'instrument des ondulations alternativement condensantes et raréfiantes, qui, parvenues à l'extrémité de la colonne, reviennent sur elles-mêmes. La vitesse des ondes, c'est-à-dire des condensations et dilatations alternatives, demeure la même, en général, que le tuyau soit large ou étroit; elle dépend uniquement, ou du moins principalement, de la longueur de ces mêmes ondes, ou de l'espace à parcourir. Cependant les luthiers ont reconnu par l'expérience qu'il faut raccourcir un peu les tuyaux du jeu de flûte de l'orgue, si l'on veut qu'ils conservent le même son avec une ampleur plus grande, et Savart a trouvé qu'à longueur égale la colonne d'air donne des sons beaucoup plus graves dans des tuyaux élastiques mous que dans les tuyaux rigides; on peut même, en ramollissant les parois à l'aide de la vapeur d'eau, faire baisser le son de deux octaves au-dessous de sa hauteur ordinaire.

Le principe d'un sifflet consiste en ce que la colonne d'air contenue dans un tuyau est mise en vibration par un courant d'air poussé contre une partie de sa surface. La manière la plus simple de remplir cette condition, est de souffler sur l'orifice d'un tuyau, par exemple d'une clef forée. La même chose a lieu pour la flûte, avec cette différence qu'ici ce n'est point à son extrémité que la colonne d'air est mise en vibration, mais au-devant de cette extrémité et sur le côté. Dans les sifflets, l'air qu'on souffle traverse l'étroit canal de la portion qu'on tient entre les lèvres, et, en sortant par l'ouverture latérale, il fait vibrer la colonne d'air contenue dans le tuyau. Les tuyaux cylindriques ou quadrangulaires de l'orgue qui

appartiennent aux jeux de flûte ou de mutation ont une construction analogue. L'air seul est le corps sonore dans ces instruments. Des sifflets d'égale longueur, en bois, en métal, en carton, donnent les mêmes sons, avec un timbre différent. Une fois que la colonne d'air a été mise en vibration par le souffle dirigé sur sa surface, il faut que le courant d'air continue, si l'on veut obtenir le nombre de vibrations nécessaire pour faire entendre un son. Du reste, dans ces sortes d'instruments, il n'y a jamais courant d'air à travers le tuyau, mais seulement vibration de l'air qu'il renferme, ce qui fait que les flûtes peuvent être bouchées à leur extrémité. Le plus simple mode de vibration de l'air dans les sifflets fermés à l'extrémité est celui qui consiste en ce que la longueur des ondes égale celle du tuyau, de manière qu'il ne se produise pas de nœuds dans l'intérieur de ce dernier : son bout fermé fait office de nœud. Si le tuyau est ouvert à l'extrémité, sa longueur étant égale à celle d'un tuyau fermé, il donne un son fondamental plus élevé d'une octave que celui de ce dernier, et un nœud de vibration se trouve dans son milieu.

Du reste, l'élévation des sons change en raison directe de la longueur du tuyau bouché ou ouvert. Cependant la même colonne d'air donne des sons plus aigus lorsqu'on souffle avec plus de force, parce qu'il se produit des nœuds de vibration sur la longueur. Biot et Hamel ont montré comment la force du souffle influe sur l'augmentation du nombre des nœuds. Les sons qu'on parvenait à tirer ainsi d'un tuyau bouché étaient :

$$ut_1,\ sol_2,\ mi_3,\ la\sharp_3 +,\ ré_4,\ fa\sharp_4 - la\flat_4 + si_4.$$
$$1 \quad 3 \quad 5 \quad 7 \quad 9 \quad 11 \quad 13 \quad 15.$$

dont les nombres de vibrations correspondent à la suite des nombres impairs. Dans un tube ouvert à l'extrémité, les sons produits par un souffle plus fort augmentant le nombre des nœuds, correspondaient, au contraire, à la simple série des nombres naturels = 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc. Ce ne fut qu'en soufflant faiblement qu'ils obtinrent le son fondamental d'un tube de verre long de trente-sept pouces sur un pouce de diamètre, sol_3. Les sons qu'ils obtenaient en changeant l'embouchure étaient :

$$sol_3\ sol_4\ ré_5\ sol_5\ si_5\ ré_6\ fa\sharp_6\ sol_6\ ut_7\ ré_7.$$
$$1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7^1/_9 \quad 8 \quad 10^2/_3 \quad 12.$$

On voit, d'après cette série, que les sons qu'on peut tirer d'un tuyau ouvert, en soufflant différemment, sont d'autant plus éloignés les uns des autres qu'ils sont plus voisins du son fondamental, et qu'à mesure que le ton s'élève, les sons qu'on obtient sont plus rapprochés. Entre le son fondamental 1 et la première octave, qui correspond au nombre 2, il n'y a point de son intermédiaire. Entre la première octave et la seconde, qui a pour nombre de vibrations 4, se trouve déjà un son. Entre la seconde octave 4 et la troisième 8, il y en a trois, etc.

Les lois qui viennent d'être posées s'appliquent, en général, non seulement à l'air atmosphérique, mais encore à tous les gaz. Cependant il faut remarquer que les sons fondamentaux des colonnes d'air, diffèrent selon la pesanteur et la densité du fluide ; car, d'après l'expérience des luthiers, il suffit de tenir un même tuyau

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE

pendant longtemps entre les mains pour que le son fondamental soit déjà un peu modifié. Selon la théorie, les sons, à longueurs égales, devraient être réciproques aux racines carrées des densités des gaz, sous d'égales pressions et à une même température; mais l'expérience donne un résultat un peu différent.

L'embouchure du tuyau exerce aussi quelque influence sur le changement du son fondamental, comme l'ont fait voir Biot et Hamel. Ces physiciens employèrent un sifflet quadrangulaire, long de quatre pieds, large de quatre pouces, et bouché à l'extrémité. L'ouverture occupait toute la largeur, et pouvait être prolongée en haut par le moyen d'un coulisseau. Les sons produits furent les suivants :

Grandeur de l'ouverture,	66,0	36,5	26,0	20,5	16,5	14,0	3,8
Sons produits,	ut_2	sol_3	mi_4	si_4	$ré_5$	fa_5	fa_7

66,00 parties de l'ouverture font un pouce carré. Les sons produits correspondent aux nombres de vibrations 1, 3, 5, 7, 9, 11, 43. Le résultat du rétrécissement de l'embouchure est donc le même dans la flûte bouchée que celui qu'on a en changeant le souffle : on ne peut donc point obtenir d'octaves de cette manière.

L'influence de l'embouchure sur le son du sifflet ne me paraît pas être encore parfaitement éclaircie par l'expérience. Il y a, en effet, une manière de couvrir l'embouchure qui fait qu'on peut abaisser assez notablement le son. Si j'applique sur la lèvre supérieure d'un tuyau à bouche cylindrique en laiton une carte qui couvre en partie l'ouverture, je puis abaisser le son de plus d'un ton au-dessous du son fondamental ; mais, si, en appliquant la carte, j'ai soin qu'elle fasse le toit sur l'ouverture, le son peut être rendu bien plus grave encore, et d'autant plus que la carte en forme de toit s'abaisse davantage vers l'ouverture. On obtient de cette manière tous les sons les plus rapprochés au-dessous du son fondamental, jusqu'à quelques tons entiers ; ce ne sont pas par conséquent des sons correspondants aux nombres 1, 1/3, 1/5, 1/7. Si j'enfonce le bouchon du sifflet assez pour que le tuyau n'ait plus que deux pouces, le son de ce tuyau de deux pouces peut, en couvrant l'embouchure en forme de toit, être abaissé de $ré_2$ jusqu'à sol_3, c'est-à-dire de près d'une quinte, et les sons intermédiaires sortent avec facilité, suivant le plus ou moins d'inclinaison du toit étendu sur l'embouchure. Il est possible aussi, sur un sifflet quadrangulaire d'un pied, d'abaisser le ton au moyen d'une couverture en toit mise sur l'embouchure.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique aux tuyaux sans trous latéraux ; mais les flûtes proprement dites peuvent être jugées d'après les mêmes principes. Ce sont des tuyaux ouverts, à l'aide desquels, quand tous les trous latéraux sont bouchés, on parvient, en variant la force du souffle, à produire tous les sons correspondants aux nombres de vibrations 1, 2, 3, 4, 5. L'ouverture successive des trous latéraux permet aussi d'obtenir les sons intermédiaires. En ouvrant chacun d'eux, on élève le son fondamental, et cette élévation varie suivant la grandeur du trou, suivant aussi la distance à laquelle il se trouve du commencement de l'instrument.

La question se présente enfin de savoir si, par l'emploi des divers moyens à l'aide desquels on parvient à abaisser le son fondamental d'un sifflet de longueur donnée, il est possible de produire des sons tellement graves que même un tuyau fort peu long en donne qui aient encore quelque gravité quand on souffle très

faiblement. Si le tuyau est bouché en partie, il se rapproche d'un tuyau couvert, dont le son fondamental est plus grave d'une octave entière, et, en couvrant l'embouchure avec un toit, on réussit, comme je l'ai dit plus haut, à abaisser le ton de près d'une quinte. La faiblesse du souffle n'augmente pas la gravité du son d'un sifflet ordinaire jusqu'à lui faire dépasser ce qu'on appelle le son fondamental; mais peut-être y a-t-il des moyens par l'emploi desquels un souffle encore plus faible produirait des vibrations encore plus lentes avec assez de régularité pour qu'elles fussent entendues comme sons. L'appeau des oiseleurs paraît produire cet effet, quoique ici les moyens soient tout autres que ceux qu'il faut employer dans les sifflets ordinaires pour tirer des sons plus graves. Cet instrument, en ivoire et en laiton, a plus de largeur que de longueur : il est long de quatre lignes, sur huit à neuf de large. Son extrémité antérieure et son extrémité postérieure sont fermées par une plaque mince, dont le milieu offre une ouverture par laquelle l'air s'écoule, de manière que le courant du fluide parcourt l'axe de la cavité du tuyau. Savart a examiné cette espèce de sifflet. Suivant lui, le son s'y produit parce que le courant d'air qui traverse les deux orifices, chassant devant lui la petite masse de fluide contenue dans la cavité de l'instrument, en diminue la force élastique, et la rend par conséquent incapable de faire équilibre à la pression de l'atmosphère, qui, en réagissant sur elle, la refoule et la comprime jusqu'à ce que, par son propre ressort, et sous l'influence du courant qui continue toujours, elle subisse une nouvelle raréfaction, suivie d'une seconde condensation, et ainsi de suite. En modifiant la force avec laquelle on souffle dans cet instrument, on peut faire varier les sons dans l'étendue d'une octave et demie à deux octaves, depuis ut_6 jusqu'à ut_4, et, quand on sait se bien rendre maître de la vitesse du courant d'air, on parvient à pousser beaucoup plus loin encore l'élévation et l'abaissement des sons. On peut doubler, quadrupler ou diminuer le volume de l'instrument, sans que les résultats changent d'une manière notable. Lorsque les dimensions sont plus grandes et les parois plus minces, il est plus facile d'obtenir des sons graves; cependant chaque instrument en a un qu'il donne avec plus de facilité que tous les autres. La direction des bords de l'ouverture change les sons. Lorsque les bords sont dirigés obliquement vers l'intérieur de la cavité, les sons ont, en général, plus de gravité. Le diamètre des orifices influe aussi sur eux; leur gravité augmente quand ces orifices sont plus larges. Nous ne possédons pas encore une théorie des vibrations qui ont lieu dans cet instrument; on ne sait point non plus si l'air est réellement le corps qui vibre le premier, et si l'instrument n'appartient pas plutôt à la catégorie des anches, dont nous aurons à parler plus loin. Dans les anches ordinaires, il y a deux dimensions à considérer, l'épaisseur et la longueur de la languette; si l'une des plaques percées agit comme anche, elle représenterait une anche dans laquelle les trois dimensions, longueur, épaisseur et largeur, entreraient en jeu, comme dans les plaques résonnantes. Au reste, l'appeau peut, de même que l'anche, être adapté à un tuyau, et les sons qui résultent de là se comportent comme ceux qu'on obtient en unissant des anches ordinaires avec des tuyaux, c'est-à-dire que le son n'est plus celui de l'anche, mais l'un des sons possibles du tuyau qui se rapproche le plus de celui de cette anche. La suite des sons, quand on varie le souffle, est, dans toute combinaison de l'appeau avec un tuyau, 1, 2, 3, 4, 5, etc., comme dans un sifflet ouvert.

INSTRUMENTS DANS LESQUELS ENTRENT A LA FOIS EN JEU LES PROPRIÉTÉS DE CORPS ÉLASTIQUES SOLIDES ET CELLES DE CORPS ÉLASTIQUES FLUIDES; INSTRUMENTS A ANCHE.

Il y a des agents producteurs de sons qui consistent en une simple languette vibrante, mise en mouvement par un courant d'air comprimé, comme la lame métallique de la guimbarde et les lamelles de l'harmonica à bouche. L'expérience enseigne que les corps élastiques par cohésion, comme les métaux et le bois, ne sont pas les seuls qui puissent former des anches. On peut y substituer des plaques ou des membranes rendues élastiques par tension, ainsi que je le ferai voir par la suite. Quand ces anches membraneuses sont mises en mouvement par un courant d'air comprimé, elles donnent des sons très purs, sans le secours d'un corps de tuyau. En ajoutant un tuyau au-devant des anches de la première et de la seconde espèce, on obtient un instrument plus compliqué, dans lequel l'air du tuyau contribue à modifier les vibrations de l'anche. Les instruments de cette sorte qui ont des anches fixes en métal ou en bois sont connus depuis longtemps sous le nom d'instruments à vent. L'orgue a un registre entier de ces appareils. D'autres instruments à anche, construits d'après le même principe, sont le haut-bois, le basson, le serpent, la clarinette, la trompette des enfants, qui tous ont une anche, indépendamment du tuyau, et qui par là diffèrent des flûtes, dans lesquelles le son est produit uniquement par la colonne d'air, dont la longueur le modifie. Mais on peut aussi unir ce que nous appelons les anches membraneuses avec un tuyau, de manière à former un instrument analogue, comme nous le verrons bientôt. La théorie de ces instruments est de la plus haute importance pour l'étude de la voix humaine.

Instruments à anches faits d'un corps élastique rigide, métal ou bois.

Anches simples, sans tuyau.

Anches ayant de l'analogie avec les verges.

L'instrument le plus simple de cette espèce est la guimbarde, languette d'acier fixée par l'une de ses extrémités à la partie concave d'un demi-cercle, également en acier, dont les branches prolongées vont en se rapprochant un peu. Cette lame est mise en mouvement par l'air poussé entre elle et les branches. L'harmonica à bouche représente un assemblage de plusieurs languettes dans un même châssis. Il se compose d'une petite plaque métallique percée de trous rectangulaires oblongs, dans chacun desquels s'ajuste une languette métallique, soudée à l'une de ses extrémités et libre à l'autre. Les languettes doivent pouvoir vibrer dans leur châssis sans y toucher. Pour les mettre en mouvement, on applique la plaque sur les lèvres, et l'on pousse l'air contre les languettes; de là résulte un son clair, qui varie suivant la longueur et la force de celles-ci.

Les anches ordinaires reposent sur le même mécanisme; un demi-cylindre creux, en laiton ou en acier, est ouvert à l'une de ses extrémités et fermé à l'autre; le côté plat est constitué, vers le bout fermé, par une plaque élastique qui ne bouche pas entièrement le demi-cylindre, dans la cavité duquel elle peut même vibrer; de cette manière, l'air a la facilité d'entrer dans le demi-cylindre et d'en sortir entre les bords de la plaque et la rigole. Il y a ici, comme dans la

uimbarde et l'harmonica à bouche, un châssis et une languette élastique mobile, ui s'y ajuste. L'anche ne diffère de ces instruments que parce que le châssis orme en même temps un tuyau servant à l'écoulement de l'air qui pénètre entre e cadre et la languette, et par lequel aussi cet air peut être poussé contre la languette, car on peut souffler d'un côté et de l'autre dans l'anche. Si l'on prend dans a bouche l'extrémité où se trouve la languette, et qu'on souffle dedans, de manière à faire vibrer celle-ci, l'air passant entre elle et le cadre pénètre par saccades dans le demi-cylindre. Si l'on souffle du côté du bout ouvert, l'air sort entre la languette et son châssis. On voit donc qu'ici, comme dans la guimbarde, la languette est la chose vraiment essentielle, et que tout le reste est accessoire. Une anche telle que celle dont je viens de parler peut, à l'aide d'un bouchon qu'elle traverse, être placée dans un cylindre creux, par une ouverture latérale, duquel arrive l'air soufflé, comme dans le tuyau à anche de l'orgue.

La manière dont la languette est mise en vibration ne me paraît pas avoir été jusqu'à présent expliquée d'une manière satisfaisante. Voici, selon moi, ce qui arrive. Lorsqu'on souffle, la languette est chassée hors de l'ouverture du châssis; en vertu de la loi de l'inertie, elle fuit devant le corps qui la pousse, jusqu'à ce que son élasticité, qui croît proportionnellement à sa flexion, fasse équilibre à sa vitesse. Comme la pression de l'air continue toujours, la languette demeurerait dans cette situation si l'on continuait de souffler; mais, une fois qu'elle a été écartée, la pression est bien moindre que quand elle se trouvait encore engagée dans le châssis, de sorte que son élasticité la force de revenir sur elle-même comme un pendule, et que même, par l'effet soutenu de cette élasticité, elle rétrograderait avec une vitesse accélérée, si la pression continue de l'air ne la retardait un peu. Dès qu'elle est parvenue dans le châssis, la pression de l'air, devenue plus forte, la repousse de nouveau. Si cette pression ne variait pas, elle maintiendrait toujours la languette dans la même situation, celle que comporterait sa résistance. Un courant libre d'air peut, tout aussi bien qu'un courant renfermé, mettre une languette en vibration, pourvu que celle-ci soit assez mince, comme par exemple dans l'harmonica à bouche, et que le courant ait de la force. Si l'on souffle avec force sur une languette d'harmonica à bouche, au moyen d'un tube délié à ouverture très petite, elle entre en vibration; je suis même quelquefois parvenu à faire résonner de petites languettes fixées sans châssis, à l'aide du courant d'air sortant d'un tube très fin. On n'y réussit qu'avec les plus longues languettes de l'harmonica à bouche. J'isolai les plus longues de leur châssis, de manière qu'elles fussent tout à fait libres jusqu'à leur extrémité postérieure fixée, et je soufflai avec un tuyau très fin au-devant de l'extrémité d'un de leurs bords; en poussant l'air avec beaucoup de force dans une direction perpendiculaire, non à la surface, mais au bord, je parvins quelquefois à déterminer les vibrations sonores de la languette, mais beaucoup plus faibles que quand l'air est obligé de passer entre les bords de celle-ci et un châssis. Au contraire, les languettes membraneuses, dont je donnerai plus loin la description, entrent parfaitement en vibration et résonnent pleinement lorsqu'on se sert d'un petit tube pour souffler. La manière dont un courant délié d'air peut faire entrer en vibration une languette facilement mobile, me paraît être celle-ci : le courant d'air comprimé, en frappant contre le bord de la languette libre, la chasse devant lui; elle s'éloigne en vertu de la loi de l'inertie, sort de la

direction du courant, et continue de marcher dans le même sens, jusqu'à ce que son élasticité, qui croît avec sa tension, fasse équilibre à sa vitesse ; alors l'élasticité la ramène sur ses pas avec une vitesse accélérée, jusqu'à ce qu'elle rentre dans le courant, qui la rechasse encore. La possibilité de produire un son avec une languette tout à fait libre, au moyen d'un courant d'air, prouve que, dans l'explication qu'on donne de la résonnance des anches, il ne faut pas attacher trop de poids à leur mode ordinaire de construction et au passage de l'air entre la languette et le châssis.

G. Weber (1) a fait voir que le son de la languette d'une anche mise en vibration par le souffle, change en raison directe de sa longueur, comme si on la faisait vibrer en la choquant ou la pinçant, et que les languettes vibrent d'après la même loi que les verges. Cette loi est que le nombre de vibrations de deux verges d'épaisseur égale et de même matière est en raison inverse des carrés de leur longueur. Weber a montré, en outre, que le son qu'on produit en soufflant dans l'anche sans tuyau ressemble parfaitement, pour l'élévation, à celui qu'on obtient d'une lame élastique libre par un bout et fixée par l'autre, en la percutant. L'élévation du son d'une anche est à peu près indépendante de la force du courant d'air; mais on peut le renfler en soufflant avec plus de force. Biot avait déjà reconnu que la nature chimique du gaz dont on se sert pour souffler n'exerce aucune influence sur la hauteur du son. Cette manière de se comporter des lames élastiques métalliques ou solides fixées par un bout et libres par l'autre, est d'autant plus remarquable que, comme je l'ai constaté, les lames membraneuses disposées de la même manière se comportent tout autrement, puisqu'ici l'on peut élever le son de quelques semi-tons en soufflant avec plus de force.

Les dimensions de l'intervalle compris entre la languette et le châssis ont peu d'importance, selon G. Weber. Quand l'ouverture est un peu plus grande, le son sort avec plus de peine, et on éprouve plus de difficulté soit pour le renfler soit pour l'affaiblir ; mais son élévation demeure la même.

Voici quelle est la théorie admise par la plupart des physiciens à l'égard des sons produits par les languettes. Les vibrations de ces corps obéissent bien, à ce qu'il paraît, aux mêmes lois que celles des verges ; mais il y a cette différence entre les verges et les languettes résonnantes, que, dans les premières, c'est la verge elle-même qui produit le son, tandis que, dans les secondes, c'est l'air. La même différence a lieu quand on fait vibrer une languette par la percussion ou par le souffle : dans le premier cas, c'est la languette seule qui résonne ; dans le second, elle doit bien aussi donner du son, mais beaucoup de personnes regardent l'air lui-même comme étant la cause principale du son particulier qu'elle rend alors, et cela par les motifs suivants.

Le son d'une languette mise en vibration par percussion est faible; celui d'une languette qui vibre par l'effet du souffle est fort ; mais il y a aussi une différence dans la qualité des sons, dont le timbre ne ressemble pas, dans le premier cas, à ce qu'il est dans le second. On conclut de là que l'air, bien qu'il ne modifie pas l'élévation du son en raison de la largeur diverse de l'ouverture, doit cependant

(1) *Leges oscillationis oriundæ si duo corpora diversa celeritate oscillantia ita conjunguntur, ut oscillare non possint, nisi simul et synchronice.* Halle, 1826, in-4.

: sur lui de l'influence, en ce sens que, dans les conditions au milieu des-
la languette vibre par l'effet du souffle, il éprouve des chocs réguliers, sans
de nœuds. On sait qu'il ne faut, pour la production d'un son, qu'un cer-
mbre de chocs qui soient propagés à l'organe auditif, et que les vibrations
nent lieu à des sons que parce qu'elles déterminent des chocs de ce genre.
; la manière dont une languette vibre dans son châssis, il doit, assure-t-on,
uire des chocs semblables à ceux qui ont lieu dans la sirène, le passage de
ravers l'ouverture se trouvant arrêté un moment à chaque vibration. De
dans la sirène, les interruptions du courant de l'air, en se succédant avec
, font naître un son. L'élévation de ce son de l'air dépend du nombre des
ptions, et, comme celles-ci sont dues aux vibrations de la languette, ce nom-
t être égal à celui des vibrations.

cette théorie des sons produits par les languettes n'est rien moins que dé-
e. Les sons que l'on tire d'une lame mince, de longueur suffisante, fixée à
ses bouts, et privée de châssis, en dirigeant sur elle le courant d'air d'un
ès mince, prouvent déjà que ces sortes de sons ne dépendent pas unique-
les chocs alternatifs de l'air, quoique le fort courant qui sort du tube, et
lirige vers le bord de la languette, doive être un peu diminué chaque fois
lle-ci revient sur elle-même, tandis qu'il est libre au moment où elle se
hors de sa portée. Je me borne ici à soulever ce doute; j'y reviendrai plus
ent lorsque je traiterai des languettes membraneuses.

Languettes accompagnées d'un tuyau qui modifie le son.

on d'une anche ou d'une languette change beaucoup, eu égard à l'élévation,
: l'anche est ajustée sur un tuyau, comme dans le hautbois, la clarinette, le
Ici l'air, au lieu de s'écouler dans l'atmosphère, est obligé de parcourir le
et l'instrument se trouve composé de deux parties dont les vibrations obéis-
des lois différentes. Le son de l'anche et celui du sifflet, pris chacun à part,
t différer totalement l'un de l'autre; mais, quand ces deux parties sont
, elles s'influencent réciproquement, de manière que les vibrations de la
te sont déterminées par celles de la colonne d'air, et les vibrations de la
e d'air par celles de la languette. On n'entend jamais qu'un seul son, qui
mais non plus ni celui que donnerait l'anche seule, ni celui qu'on obtien-
e la colonne aérienne seule. Il ne suffit donc pas que les vibrations aient
ec une simultanéité parfaite; il faut encore qu'elles s'accommodent les unes
tres (1).

Weber seul a donné une théorie sûre des instruments à anche. Ce n'est point
ieu de faire connaître d'une manière détaillée les résultats de ses travaux,
nnent place parmi les plus importants de la physique moderne. Cependant
obligé de rapporter quelques uns des faits découverts par lui, attendu qu'ils
t de base aux recherches sur les sifflets à languette membraneuse, qui sont
vec lesquels l'organe de la voix a le plus d'analogie :

L'union d'un tuyau avec une anche peut rendre le son de cette dernière plus
, mais ne saurait le rendre plus aigu.

(1) G. Weber s'est occupé de rechercher les conditions nécessaires pour que ce son simple se
ise. — *Voy.* Poggendorff's, *Annalen*, t. XVI, XVII.

2° Le maximum de cet abaissement ne dépasse point une octave.

3° En allongeant le tuyau, le son revient au son fondamental primitif de l'anche, qu'on peut ensuite abaisser de nouveau, mais seulement jusqu'à un certain degré.

4° La longueur du tuyau nécessaire pour obtenir un abaissement donné dépend toujours du rapport entre les nombres des vibrations de la languette et de la colonne d'air, prises chacune à part.

5° Ainsi le son du tuyau d'anche s'abaisse peu à peu à mesure qu'on allonge le tube, jusqu'à ce que la colonne d'air de celui-ci soit devenue assez longue pour donner seule le même son que l'anche donne, également seule. En allongeant davantage le tube, le son revient au son fondamental de l'anche. On peut encore, en allongeant le tube, le faire descendre d'une quarte environ, jusqu'à ce que la longueur du tuyau soit double de celle de la colonne d'air qui aurait le même son que l'anche. Là le son repasse de nouveau au son fondamental de l'anche. L'allongement du tube peut abaisser de nouveau le son d'une tierce, jusqu'à ce qu'un moment vienne où il passe au son fondamental de la languette. Pendant la transition, on peut produire deux sons différents, suivant la force avec laquelle on souffle.

Ces découvertes sont susceptibles de s'appliquer aux sifflets à languettes membraneuses, comme j'essaierai de le faire plus loin.

6° Si le son de l'anche qui parle seule est dans la série des sons harmoniques du tuyau résonnant seul, l'union de l'anche avec le tuyau ne fait pas nécessairement changer le son de la première quand on souffle doucement; mais, lorsqu'on souffle avec force, le son peut être abaissé au-dessous de celui de l'anche, ou d'une octave, ou d'une quarte, ou d'une tierce mineure, ou d'autres intervalles correspondants aux nombres 7/8, 9/10, 11/12.

Ces découvertes fournissent des indices certains pour comparer les organes de la voix ou d'autres instruments sonores aux tuyaux à anche et aux tuyaux à bouche. Par exemple, que, sur un instrument à vent, on puisse, l'embouchure restant la même, abaisser à volonté le son par des tuyaux surajoutés, et obtenir un abaissement proportionné à la longueur des tuyaux, l'instrument est positivement un tuyau à bouche, et c'est l'air seul qui résonne dedans; qu'au contraire, l'embouchure restant la même, les tuyaux ne puissent produire qu'un abaissement d'une octave ou moins, il s'agit d'un tuyau à anche.

Parmi les instruments à anche se rangent les jeux d'anche de l'orgue, ou le registre de la voix humaine. La clarinette, le hautbois, le basson, sont aussi des instruments à anche, avec lesquels on produit les différents sons en ouvrant ou fermant une série de trous dont l'expérience a fait connaître la disposition, tandis que, dans les jeux d'anche de l'orgue, chaque son a son tuyau particulier.

Langues métalliques en forme de disques.

Comme de minces plaques en bois ou en métal, vibrant d'après les lois des verges, agissent à la manière des languettes, on doit s'attendre aussi à ce que des disques métalliques minces, vibrant d'après les lois des plaques, puissent servir de languettes lorsqu'elles sont fixées dans le milieu et que l'air s'écoule entre leur bord et le bord évidé d'un châssis périphérique. Certaines expériences faites par Clément

et Hachette, et que Savart a répétées avec le même résultat, semblent devoir trouver place ici. Clément a découvert que, quand un courant d'air passe à travers une ouverture pratiquée dans une paroi plane, et qu'on approche une plaque mince de cette ouverture, la plaque entre en vibration, et produit des sons sourds, très graves. Les sons proviennent immédiatement des vibrations propres de la plaque, et il est vraisemblable qu'ils sont renflés par l'air, comme dans les tuyaux à anche; car, lorsqu'on tient devant l'ouverture des disques circulaires d'égale épaisseur, mais de diamètres différents, les nombres de vibrations sont en raison inverse des carrés des diamètres, comme dans les disques circulaires résonnants. L'élévation des sons est la même aussi que quand on fait vibrer les mêmes disques circulaires par le moyen d'un archet de violon. Probablement on pourrait tout aussi bien employer des disques circulaires courbés en forme de cloches que des disques plats, de même qu'il arrive pour les sons qu'on produit immédiatement avec des corps solides affectant la forme de disques.

J'ai fait construire des languettes circulaires d'après le principe des instruments à anche ordinaires. Un disque circulaire en laiton, d'un cinquième de millimètre d'épaisseur, sur trente-cinq millimètres de diamètre, est maintenu dans son milieu, par une verge, contre le bord tranchant d'un châssis correspondant, de telle manière que l'air, poussé à travers le tuyau adapté au châssis, passe entre celui-ci et le bord du disque. Les sons sortent facilement, comme dans les tuyaux à anche ordinaires; mais souvent on en entend plusieurs à la fois, graves et aigus, par exemple le son fondamental et la quinte, ou même de plus aigus encore. L'aspiration de l'air fait également naître des sons, comme dans les languettes ordinaires. Un instrument de pareille construction avec une languette en forme de cloche ne parle pas, probablement parce que la courbure du disque rend la languette trop roide, et fait qu'elle n'est plus assez grande.

Un disque circulaire en métal extrêmement mince, présentant une ouverture dans le milieu, et soudé à une embouchure très courte par sa périphérie, pourrait aussi être considéré de la même façon qu'une languette. Ce serait l'inverse du cas précédent, l'embouchure se trouvant à l'ouverture centrale, au lieu d'être sur le bord; l'air, passant à travers l'ouverture, agirait ici comme la verge qui passe par le milieu d'une peau tendue à sa périphérie, et qui produit des sons. Au premier aperçu, ces conditions semblent s'appliquer à l'appeau des oiseleurs, que Savart ne compte point parmi les tuyaux à anche; on pourrait alléguer en faveur du rapprochement, que ces sifflets sont susceptibles d'être unis avec un tuyau, suivant lequel changent les sons. Mais ce qui empêche de l'admettre, c'est que, dans cet instrument, l'ouverture est beaucoup plus large que la fente des langues métalliques ne doit l'être pour qu'il se produise des sons. A la vérité, comme je l'ai dit plus haut, de très minces et longues languettes d'harmonica à bouche rendent faiblement leur son, à l'air libre et sans châssis, lorsqu'un fort courant d'air, sortant d'un tuyau dévié, vient à passer au devant de leur bord; cependant l'appeau des oiseleurs décrit par Savart a plus de ressemblance avec un tuyau à bouche. J'obtiens déjà des sons en embrassant avec mes lèvres un épais disque d'ivoire percé d'un trou central, et aspirant l'air; ce disque peut avoir assez d'épaisseur pour que ses bords soient incapables de vibrer, de sorte qu'il ne saurait agir comme une languette.

Instruments à anche membraneuse ou élastique par tension.

L'étude de ces sortes d'anches a été négligée jusqu'ici, et l'on doit d'autant plus le regretter qu'elle renferme la clef de la théorie de la voix de l'homme et des oiseaux. Biot et Cagniard-Latour ont cherché à imiter les lamelles membraneuses de la glotte, appelées cordes vocales, avec des membranes élastiques en caoutchouc, et à fabriquer ainsi un larynx artificiel. Henle s'est servi avec succès de membranes animales dans la même vue; mais jusqu'à présent cet objet n'avait pas été assez suivi pour qu'il fût permis d'établir un parallèle complet entre les instruments en question et l'organe vocal. J'ai fait une étude spéciale de la manière dont les ligaments et les membranes se comportent quand ils agissent comme anche, et je vais rapporter les observations que j'ai faites à cet égard. Je dois recommander instamment la lecture du chapitre entier à ceux qui voudront bien comprendre l'application que j'en ferai plus tard à la voix de l'homme, et les expériences tentées sur le larynx humain; je dois inviter aussi le lecteur à bien se pénétrer des points principaux de la théorie des instruments de musique, car sans cela il serait impossible de comprendre les détails dans lesquels je vais entrer.

On doit déjà prévoir d'avance qu'il y aura des anches à languette membraneuse. L'anche repose sur ce qu'un corps qui de lui-même ne donnerait aucun son par des chocs, ou du moins n'en donnerait que de faibles et sans éclat, produit, par l'impulsion soutenue de l'air, un son correspondant à son élasticité et à sa longueur. Les languettes dont il a été question jusqu'ici étaient de petites lamelles rigides, en métal ou en bois, qui, en raison de leur brièveté, vibrent par elles-mêmes sans produire de son, tandis que leurs lois de vibration sont celles des verges vibrantes. Des corps élastiques par tension qui deviennent incapables de résonner par percussion lorsqu'ils ont été raccourcis, mais qui conservent cependant leurs lois de vibration, peuvent également donner lieu à des sons appréciables, par des impulsions soutenues de l'air. De pareilles anches différeraient des anches rigides, élastiques par elles-mêmes, en ce qu'elles auraient besoin d'être fixées sur deux points, comme les cordes, ou de tous côtés, comme les peaux, tandis que les anches rigides ne sont, comme les verges, fixées qu'à une seule extrémité. L'expérience confirme sur-le-champ cette idée. Lorsqu'on tend une membrane élastique (en caoutchouc) sur l'orifice d'un tuyau en bois, de manière qu'elle couvre la moitié de l'orifice, et qu'on ferme l'autre moitié de celui-ci avec une plaque rigide de bois ou de carton, en ménageant une fente étroite entre la membrane élastique et le bord du corps rigide, on a une anche membraneuse, et on obtient un son plein, pur et fort, en soufflant par l'autre bout du tuyau.

Je partage les instruments à anche élastique par tension en deux classes, comme l'ont été les précédents, savoir, ceux qui sont simples, sans tuyau, et ceux qui ont un tuyau modifiant le son.

Anches membraneuses simples, sans tuyau.

Anches tendues à la manière des cordes.

Les anches simples de cette espèce correspondent à la guimbarde et à l'harmonica à bouche de la section précédente. Après avoir étendu une plaque de

caoutchouc en membrane mince, j'en détache une étroite lanière, ayant une ou deux lignes de large, et je tends cette lanière en travers sur un anneau en bois ou sur un cadre carré. Étant alors pincée à la manière d'une corde, elle donne un son faible et sourd, mais aussi mauvais que celui qu'une languette métallique produit par percussion. Si, de chaque côté du fil élastique plat, on fixe sur l'anneau une plaque rigide en carton ou en bois, de manière que les deux plaques soient affleurées avec le fil, entre lequel et elles il ne reste qu'une fente étroite, on obtient un harmonica à bouche, dont la languette est en caoutchouc. Cet instrument donne alors, comme l'harmonica à bouche, un son pur, fort et plein. Mais on peut aussi, sans entourer cette languette d'un cadre, et sans que l'air passe sur ses côtés par des fentes, obtenir d'elle des sons pleins, d'une autre manière et en vertu du même principe. J'ai déjà dit, en parlant des langues métalliques, que celle d'un harmonica à bouche débarrassée de son châssis, et fixée par l'un de ses bouts, peut, pourvu qu'elle soit très longue, être mise en état de vibration sonore par un courant d'air rapide et délié qu'à l'aide d'un tube très mince on dirige sur l'un des bords latéraux, immédiatement au-dessus de l'extrémité. Cependant on a de la peine à y parvenir avec les languettes métalliques, parce qu'elles sont trop roides. On réussit très bien avec les lanières de caoutchouc dont je viens de parler. Qu'on tende un ruban étroit de gomme élastique sur un cadre de huit lignes à un pouce de diamètre; qu'ensuite, à l'aide d'un tube délié, on souffle sur l'un de ses bords dans une direction perpendiculaire à sa surface, il vibre d'un côté à l'autre, en faisant entendre un son. Ou, ce qui vaut mieux encore, qu'on souffle obliquement de côté sur la surface du ruban, il se produit aussitôt des vibrations de haut en bas, avec un son fort et pur, ayant la même résonnance que celui qu'on obtient lorsque, le ruban étant tendu entre deux jambages solides, on souffle à travers la fente. Ce son naît évidemment de la même manière que dans les languettes métalliques. Quand un courant d'air délié vient frapper le ruban, celui-ci s'éloigne du corps qui le choque; mais, comme son élasticité croît à mesure qu'il s'étend, un moment arrive où cette élasticité fait équilibre à sa vitesse, et alors le ruban exécute la vibration rétrograde, qui le ramène assez près du courant pour qu'il doive être repoussé de nouveau. Que le courant d'air tombe obliquement sur le milieu du ruban, ou qu'il passe entre le milieu et les points terminaux, le son fondamental de ce ruban doit se produire dans les deux cas: quelquefois, lorsque le courant s'écarte davantage du milieu, il apparaît un autre son que le son fondamental. Mais le son dépend aussi, en quelque sorte, de la force avec laquelle on souffle. Si l'on applique le tranchant d'une spatule sur le milieu du ruban, dans une direction perpendiculaire à sa surface, de manière qu'il repose à la fois sur deux points, et qu'ensuite on souffle sur la moitié du ruban, on obtient l'octave du son fondamental. Une tension plus considérable élève le son, qui n'en demeure pas moins pur et plein. Quant à la force du souffle, elle peut hausser le son fondamental du ruban d'un demi-ton et plus. En général cependant ces languettes élastiques par tension changent leurs vibrations absolument de la même manière que les cordes, c'est-à-dire que les nombres des vibrations croissent en raison inverse des longueurs, et probablement par cela même, en raison directe des racines carrées des forces tensives. C'est déjà là une différence importante entre elles et les languettes mé-

talliques, qui se comportent comme les verges, puisque, à égalité d'épaisseur, les nombres des vibrations sont en raison inverse des carrés de leurs longueurs. Les languettes membraneuses ne diffèrent des cordes que parce que le mode d'embouchure modifie un peu le son, quoique la languette continue de vibrer en plein, ou de toute sa longueur, comme une corde. Lorsqu'après avoir tendu sur un tuyau une languette membraneuse embrassée par un cadre, on souffle par le tuyau, un son se produit, soit qu'on pousse l'air, soit qu'on l'attire; mais, à égalité aussi parfaite que possible d'embouchure, ce son varie dans les deux cas: dans le second, il est la plupart du temps plus grave d'un semi-ton à un ton entier. La largeur de la fente entre les branches et la languette élastique n'a pas d'influence bien notable sur l'élévation du son; mais le souffle parle plus facilement lorsque cette fente est plus étroite. La force du souffle peut élever un peu le son, par exemple d'un semi-ton; celle de l'aspiration de l'air peut également l'élever un peu. Si la languette heurte, en un point quelconque, une inégalité du rebord des branches latérales qui l'embrassent, il se produit là un nœud de vibration, et l'on entend un son beaucoup plus élevé que le son fondamental.

Mais les anches membraneuses élastiques par tension peuvent être réalisées sous des formes plus variées que celles qui ont été indiquées jusqu'ici.

Je n'ai encore parlé que du cas d'un ruban élastique tendu, à la manière d'une corde, entre deux branches rigides, ce qui fait qu'il existe une fente sur chacun de ses deux bords. Deux autres formes encore sont possibles :

1° Une membrane élastique couvre une moitié ou une partie quelconque du bout d'un tuyau très court, et la portion sur laquelle elle ne s'étend point est couverte par une plaque rigide, laissant une fente entre elle et la membrane.

2° Deux membranes élastiques sont tendues de telle manière, sur le bout d'un tuyau très court, que chacune couvre une partie de l'ouverture, et qu'elles laissent entre elles une fente.

Lorsque la fente est bornée, d'un côté, par la membrane élastique, et d'un autre côté par une plaque rigide, à bord tranchant, par exemple en carton ou en bois, le résultat est le même que dans le cas d'une languette libre des deux côtés. Le son qu'on détermine en soufflant à travers le tuyau est d'un semi-ton à un ton entier plus élevé que celui qu'on produit en poussant un courant d'air délié sur la membrane elle-même et le dirigeant vers son bord. Dans tous les cas, on peut, en soufflant avec plus de force, élever de deux semi-tons, mais pas davantage, le son produit par le souffle. Celui qui a lieu quand on aspire l'air est plus aigu; il n'est plus grave que quand la plaque rigide se trouve placée un peu en dedans, et que son bord est situé derrière la membrane. Si l'on emploie un tuyau rond, la membrane n'est tendue, comme dans le cas d'un tuyau quadrilatère, que suivant une direction parallèle à la fente : or, on sait que les membranes tendues dans un sens vibrent d'après les mêmes lois que les corps filiformes élastiques par tension. Les expériences dont je parle ici en fournissent aussi la preuve; car, lorsqu'on tend une membrane en caoutchouc sur un châssis carré, de manière qu'elle ne soit tendue que dans une seule direction, l'un des bords étant libre et le bord opposé reposant sur le châssis, la lame entière donne le son fondamental si l'on souffle avec force sur le bord au moyen d'un petit tube très fin, tandis que,

appartiennent aux jeux de flûte ou de mutation ont une construction analogue. L'air seul est le corps sonore dans ces instruments. Des sifflets d'égale longueur, en bois, en métal, en carton, donnent les mêmes sons, avec un timbre différent. Une fois que la colonne d'air a été mise en vibration par le souffle dirigé sur sa surface, il faut que le courant d'air continue, si l'on veut obtenir le nombre de vibrations nécessaire pour faire entendre un son. Du reste, dans ces sortes d'instruments, il n'y a jamais courant d'air à travers le tuyau, mais seulement vibration de l'air qu'il renferme, ce qui fait que les flûtes peuvent être bouchées à leur extrémité. Le plus simple mode de vibration de l'air dans les sifflets fermés à l'extrémité est celui qui consiste en ce que la longueur des ondes égale celle du tuyau, de manière qu'il ne se produise pas de nœuds dans l'intérieur de ce dernier : son bout fermé fait office de nœud. Si le tuyau est ouvert à l'extrémité, sa longueur étant égale à celle d'un tuyau fermé, il donne un son fondamental plus élevé d'une octave que celui de ce dernier, et un nœud de vibration se trouve dans son milieu.

Du reste, l'élévation des sons change en raison directe de la longueur du tuyau bouché ou ouvert. Cependant la même colonne d'air donne des sons plus aigus lorsqu'on souffle avec plus de force, parce qu'il se produit des nœuds de vibration sur la longueur. Biot et Hamel ont montré comment la force du souffle influe sur l'augmentation du nombre des nœuds. Les sons qu'on parvenait à tirer ainsi d'un tuyau bouché étaient :

$$ut_1,\ sol_2,\ mi_3,\ la\sharp_3 +,\ ré_4,\ fa\sharp_4 - la\flat_4 + si_4.$$
$$1 \quad 3 \quad 5 \quad 7 \quad 9 \quad 11 \quad 13 \quad 15.$$

dont les nombres de vibrations correspondent à la suite des nombres impairs. Dans un tube ouvert à l'extrémité, les sons produits par un souffle plus fort augmentant le nombre des nœuds, correspondaient, au contraire, à la simple série des nombres naturels = 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc. Ce ne fut qu'en soufflant faiblement qu'ils obtinrent le son fondamental d'un tube de verre long de trente-sept pouces sur un pouce de diamètre, sol_3. Les sons qu'ils obtenaient en changeant l'embouchure étaient :

$$sol_3\ sol_4\ ré_5\ sol_5\ si_5\ ré_6\ fa\sharp_6\ sol_6\ ut_7\ ré_7.$$
$$1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7^1/_9 \quad 8 \quad 10^2/_3 \quad 12.$$

On voit, d'après cette série, que les sons qu'on peut tirer d'un tuyau ouvert, en soufflant différemment, sont d'autant plus éloignés les uns des autres qu'ils sont plus voisins du son fondamental, et qu'à mesure que le ton s'élève, les sons qu'on obtient sont plus rapprochés. Entre le son fondamental 1 et la première octave, qui correspond au nombre 2, il n'y a point de son intermédiaire. Entre la première octave et la seconde, qui a pour nombre de vibrations 4, se trouve déjà un son. Entre la seconde octave 4 et la troisième 8, il y en a trois, etc.

Les lois qui viennent d'être posées s'appliquent, en général, non seulement à l'air atmosphérique, mais encore à tous les gaz. Cependant il faut remarquer que les sons fondamentaux des colonnes d'air, diffèrent selon la pesanteur et la densité du fluide ; car, d'après l'expérience des luthiers, il suffit de tenir un même tuyau

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CA

en soufflant avec force, on pouvait le faire monter jusqu'à *ré♯*, *mi*, *fa*. Quand le son produit immédiatement sans tuyau, par un courant d'air délié, était *mi* pour la lamelle la moins tendue, et *si* pour l'autre, de manière que la différence entre elles fût d'une quinte, le son que l'on obtenait par le tuyau, après avoir posé une plaque de carton sur la plus tendue, était *sol*. En retirant la plaque, de manière que les deux lamelles limitassent la fente, le son fondamental obtenu par le tuyau était également *sol*. Si l'une des lamelles donnait *ut*, et l'autre plus tendue *ré♯*, j'obtenais, en soufflant doucement dans le tuyau, *ut*, c'est-à-dire le son fondamental de la lamelle la plus grave. Dans ce dernier cas, la lamelle donnant le son le plus aigu se comportait d'une manière passive, et n'influait pas sur les vibrations de celle qui donnait le son le plus grave. Mais il paraît que les vibrations agissent réellement quelquefois les unes sur les autres. Cagniard-Latour a déjà obtenu ce résultat dans une expérience analogue, c'est-à-dire qu'il a vu s'accommoder ensemble les vibrations des deux lamelles différemment accordées, et que, par exemple, quand la différence entre celles-ci était d'une quinte, le son produit en commun offrait la moyenne, ou la tierce. Je ne puis mettre en doute ce résultat; mais je dois appeler l'attention sur une source d'erreur dans ces sortes d'expériences. On croit souvent apercevoir une accommodation là où il n'y en a point, à proprement parler. Ainsi, dans une expérience que j'ai faite, la différence entre les deux lamelles était d'une octave; l'instrument donnait le *si*, et la lamelle la plus tendue faisait entendre le *fa* au-dessus; il semblait qu'une accommodation eût lieu dans ce cas, et que la lamelle donnant *fa* produisît le *si* avec celle qui était plus grave qu'elle d'une octave. Mais l'accommodation n'était qu'apparente; car, lorsque je repoussais la lamelle la plus grave, et plaçais une lame en carton contre l'autre, de manière que les deux bords ne fussent plus en face l'un de l'autre, mais que la lame solide fît une légère saillie au-dessus de la lamelle élastique, celle-ci, en parlant seule, donnait non plus *fa*, mais *si*, comme elle aurait fait si la fente eût été limitée par deux lamelles. La lame solide avait ici la même situation absolument que la lamelle la plus grave prend, tandis qu'on souffle, lorsqu'elle limite inégalement la fente; en effet, le souffle la chasse un peu en avant, et elle ne vibre que faiblement.

La règle est celle-ci : la lamelle qui résonne est celle qui peut le plus facilement être mise en vibration par le souffle, et, si l'embouchure est appropriée au mouvement des deux lamelles, elles peuvent vibrer toutes deux, et s'accommoder ensemble pour produire un son simple; mais elles peuvent aussi donner des sons différents, c'est-à-dire que l'embouchure peut, lorsqu'elle change, produire les deux sons l'un après l'autre.

Les languettes métalliques de l'harmonica à bouche ne s'accommodent point lorsqu'on les fait parler ensemble par le même porte-vent de la bouche.

Les membranes élastiques peuvent, du reste, être placées aussi les unes sur les autres par leurs bords. Dans ce cas également, on obtient des sons purs en soufflant.

On peut modifier beaucoup les sons en posant le doigt sur différents points de la lamelle vibrante. Ces expériences ont été faites avec des membranes en caoutchouc qui étaient tendues sur l'extrémité d'un cylindre. Quand je posais le doigt sur le pourtour extérieur d'une des lamelles, le son s'élevait un peu, et, à mesure

que je rapprochais le doigt de la fente, l'acuité des sons produits par le souffle augmentait.

Les anches membraneuses diffèrent des anches métalliques quant au changement que le son subit lorsqu'on souffle avec plus de force. Un corps qui exécute des vibrations longitudinales, comme une colonne d'air, rend un son un peu plus aigu quand on donne plus de force au souffle ; un corps qui exécute des vibrations transversales donne des sons un peu plus graves lorsque ses excursions sont grandes, comme il arrive aux cordes et aux languettes métalliques. De là vient que le son d'une anche métallique est un peu plus grave quand on souffle plus fort (ce qui tient peut-être à ce que la base de la languette métallique ne vibre point quand le souffle est faible). Mais les lamelles membraneuses ne se comportent point, à cet égard, de la même manière que d'autres corps qui vibrent en travers, comme les cordes. En effet, toutes les fois qu'on souffle avec plus de force, le son devient plus aigu. Cependant il me semble aussi que le son d'un harmonica à bouche à languette métallique mince s'élève un peu quand on chasse l'air avec force, et le son de l'anche très délicate d'une trompette d'enfant parcourt, lorsqu'on accroît graduellement la force du souffle, l'étendue entière d'une octave et demie sans intervalles, soit qu'on ne souffle que dans la pièce qui la renferme, soit qu'on souffle dans le tuyau entier.

Anches tendues en manière de tympan.

Deux membranes laissant entre elles une fente, que l'on tend en plusieurs sens, et non pas de deux côtés seulement, à l'extrémité d'un tuyau, ont déjà de l'analogie avec les tympans ; il en est de même d'une membrane qui est tendue de tous les côtés au bout d'un tuyau, mais qui présente, dans son milieu, une ouverture arrondie pour le passage de l'air. Cependant cette dernière ne parle généralement pas, ou ne donne que rarement un son faible.

La question se présente encore de savoir si les sons engendrés par les languettes membraneuses peuvent aussi être modifiés, quant à leur élévation, par l'addition des tuyaux de longueur diverse, ainsi qu'il arrive aux anches dont les languettes sont en métal. J'ai ajouté de ces tubes tantôt devant, tantôt derrière le cadre dans lequel étaient tendues les lamelles en caoutchouc, et j'ai remarqué qu'ils exerçaient, aussi bien que le souffle, une grande influence sur l'élévation du son.

Anches membraneuses, avec tuyau.

Pour étudier l'influence du tuyau, je me servis d'abord d'un corps de clarinette, à l'égard duquel on connaît l'influence de la colonne d'air qu'il renferme sur le son de l'anche, et celle des divers trous dont il est percé sur la modification du son. J'enlevais l'anche ordinaire, et je la remplaçais par une autre faite avec une languette membraneuse en caoutchouc. La plaque ne fut pas toujours accordée de la même manière dans les diverses expériences ; cependant le résultat demeura, généralement parlant, le même à peu près.

La clarinette étant préparée ainsi, j'examine ce qui a lieu quand on ouvre ou ferme les trous latéraux. On ne tarde pas à s'apercevoir que le tuyau de la clari

nette rend plus grave le son fondamental de la languette membraneuse, mais que l'influence des trous latéraux est beaucoup moins grande que quand ce tuyau se trouve garni de son anche ordinaire. En ouvrant successivement les trous et les clefs de bas en haut, on peut, dans une clarinette ordinaire, élever le son successivement par semi-tons. Mais, quand on a substitué la languette membraneuse à l'anche ordinaire, l'élévation du son, par l'ouverture successive des trous de bas en haut, n'a lieu que d'une manière tout à fait insensible, et ne dépasse pas un semi-ton jusqu'aux trous les plus élevés, qui seuls exercent une influence notable. Lorsque ceux-ci étaient ouverts, l'élévation du son au-dessus de celui qu'on obtenait, tous les trous latéraux étant fermés, n'était que d'un ton entier.

Pour apprendre à connaître d'une manière plus précise l'influence des tuyaux adaptés aux languettes membraneuses, je fis fabriquer, pour être ajustés à l'anche munie d'une languette membraneuse, des tuyaux cylindriques en carton, de longueur différente, et susceptibles de s'emboîter les uns avec les autres. Le diamètre transversal de ces tuyaux s'élevait à un pouce. Le premier était destiné à recevoir l'anche munie d'une languette membraneuse. Les membranes étaient tendues à l'extrémité d'un court tuyau. Les anches étaient différentes aussi. L'une était couverte de deux petites plaques en carton, laissant entre elles une fente, dans laquelle se trouvait tendu un mince ruban de caoutchouc, faisant office de languette. Une autre n'était qu'à moitié couverte d'une plaque en bois, de manière que l'on pouvait couvrir l'autre moitié d'une lame en caoutchouc tendue. Une troisième était sans plaque de bois, et couverte de lames en caoutchouc tendues, qui s'appliquaient immédiatement l'une contre l'autre. Une quatrième était aussi couverte de deux lames en caoutchouc: dans celle-ci, l'ouverture sur laquelle les lamelles étaient tendues, se trouvait de côté, de manière que la fente marchait parallèlement à la longueur de l'anche, comme dans les anches ordinaires des tuyaux à anche. L'ouverture des trois premières anches avait, au contraire, sa fente dirigée en sens opposé à l'axe. Le tuyau de l'anche servait pour souffler. L'autre bout, où se trouvait la languette, s'ajustait dans l'une des extrémités du premier tuyau en carton. Les tuyaux étaient au nombre de cinq. Le premier servait comme de pied pour recevoir l'anche; il était disposé de manière que le son fondamental de sa colonne d'air fût ut_5. Un second tuyau pouvait s'adapter au précédent, et le luthier l'avait mesuré de telle sorte qu'avec celui-là il donnât l'ut_4. Le troisième tuyau donnait, avec le pied, la quinte, sol_4. Le quatrième tuyau était calculé pour donner ut_3 avec le pied. Le cinquième avait assez de longueur pour produire l'ut_3 avec le précédent et le pied. D'après cela, les tuyaux pouvaient être combinés de manière à donner seuls, sans anche, l'ut_3, son octave ut_4, la quinte de celui-ci sol_4, l'octave de l'avant-dernier ou ut_5, et l'octave de celui-ci, ut_2.

J'unissais l'anche munie d'une languette membraneuse à ces tuyaux de longueur diverse, et j'examinais l'influence qu'ils exerçaient sur le son rendu par elle. Les expériences ont donné des résultats fort différents. Presque toujours le bec rendait le son fondamental de l'anche un peu plus grave, tantôt de moins d'un semi-ton, tantôt d'un semi-ton à un ton entier; cependant je ne pus encore découvrir de règle fixe. En ajoutant le second tuyau au bec, le son devint plus grave, ou s'éleva de plusieurs semi-tons, et à cet égard non plus je ne pus arriver

à une règle précise. Pour avoir un point fixe de comparaison dans des expériences aussi difficiles, je pris toujours pour base le son produit par le souffle le plus faible, et je donnai l'exclusion aux sons plus aigus qu'un courant d'air plus fort détermine en faisant naître des nœuds de vibration dans le tuyau ajouté. Il y eut même quelques cas où je ne remarquai pas d'abaissement du son en adaptant la seconde pièce, qui ajoutait cependant une octave. Dans ces cas, il survenait quelquefois un petit abaissement d'un semi-ton ou d'un ton entier lorsque j'ajoutais le tuyau ; dans d'autres, au contraire, le son que l'anche avait avec le premier tuyau se conservait sans changement, même après l'addition du second, du troisième et des autres. Quand le son était abaissé par l'adaptation du second tuyau, l'addition de la pièce suivante le relevait ordinairement assez pour le rapprocher de celui que l'anche donnait avec le bec seul, ou pour l'y rendre égal, et alors le son demeurait le même, ou à peu près, quand on ajoutait les derniers tuyaux, ou bien l'addition du dernier l'abaissait de nouveau un peu. J'employais pour base de comparaison des sons de l'anche seule avec les sons que les tuyaux étaient aptes à donner seuls, un tube labial particulier ayant le même son fondamental que celui du bec avec le premier tuyau, ut_4. Le son de l'anche et les sons qu'elle produisait avec les tuyaux étaient déterminés chaque fois sur un piano bien accordé. Comme le rapport du son de l'anche à celui du tuyau, et les différences dans la force du souffle et la manière de souffler, qu'il était impossible d'éviter, auxquelles même il devenait nécessaire de recourir pour obtenir encore un son grave avec certains tuyaux, ne permettaient pas d'arriver à des résultats uniformes, l'exposé des nombreuses expériences qui ont été tentées ne compenserait guère la peine qu'il donnerait. Je me contenterai donc de citer un seul exemple d'une anche unilabiale, afin de montrer combien le résultat était inégal.

I. L'anche était tendue de manière à donner seule, quand on soufflait dessus avec un petit tube, le ton fondamental *ut*, du tuyau à bouche.

Anche soufflée par le court tuyau d'embouchure, seule et sans tuyau ajouté, la_3 de l'octave précédente.

Avec le bec, $sol\sharp_3$, un semi-ton plus bas.

La longueur du bec portée d'un pied à deux, ou le bec avec le tuyau qui donnait avec lui l'octave grave du bec ou ut_4. mi_3.

Avec le tuyau suivant le son s'élevait à sol_3.

II. Anche avec le tuyau d'embouchure $la\sharp_3$ au-dessous du son fondamental ut_4 du tube labial.

Avec le bec, la_3.

En doublant le bec par l'addition du tuyau suivant, $sol\sharp_3$.

Bec avec le pied donnant la quinte $la\sharp_3$, comme avec le bec seul.

La longueur du bec portée de 1 à 4, la_3.

Cette longueur portée de 1 à 8, $la\sharp_3$, comme avec le bec seul.

III. Anche avec tuyau d'embouchure seul, la_3 au-dessus du son fondamental ut_4 du tube labial.

Avec le bec, la_3.

La longueur du bec portée de 1 à 2, $fa\sharp_3$ plus grave.
Le bec du tuyau donnant la quinte, $fa\sharp_3$.
La longueur du bec portée de 1 à 4, $sol\sharp_3$.
La longueur portée de 1 à 8, $fa\sharp_3$.

IV. L'anche, par l'embouchure seule, donne mi_3 au-dessous du son fondamental ut_4 du tube labial.
Avec le bec, $ré\sharp_3$.
Longueur du bec portée de 1 à 2, mi_3.
Le bec avec le tuyau donnant la quinte, $ré\sharp_3$.
Longueur portée de 1 à 4, mi_3.
Longueur portée de 1 à 8, mi_3.

V. L'anche, avec le tuyau d'embouchure seul, donne mi_2 au-dessous du son fondamental ut_4 du tube labial.
Avec le bec, $ré_3$.
Longueur portée de 1 à 2, point de son.
Le bec et le tuyau donnant la quinte, $ré\sharp_3$.
Longueur portée de 1 à 4, mi_3.
Longueur portée de 1 à 8, point de son dans la même octave, si_4 peu prononcé dans l'octave au-dessus, en soufflant plus fort.

VI. L'anche par l'embouchure seule $ut\sharp_2$, au-dessous de l'ut_4 du tube labial.
Avec le bec, ut_2, un semi-ton plus bas.
Longueur portée de 1 à 2, $ut\sharp_2$.
Le bec et le tuyau donnant la quinte $ut\sharp_2$.
Longueur portée de 1 à 4 $la\sharp$, plus grave.
Longueur portée de 1 à 8, $ut\sharp_2$.

VII. L'anche, par l'embouchure, s'accordant avec le son fondamental ut_4 du tube labial.
Avec le bec si_3, un semi-ton plus bas.
Longueur portée de 1 à 2, fa_3, plus grave.
Le bec et le tuyau donnant la quinte, fa_3.
Longueur portée de 1 à 4, $sol\sharp_3$.
Longueur portée de 1 à 8, $fa\sharp_3$.

VIII. L'anche par l'embouchure seule, une octave au-dessus du son fondamental ut_4 du tube labial.
Avec le bec, ut_3.
Longueur portée de 1 à 2, ut_3.
Le bec et le tuyau donnant la quinte, ut_3.
Longueur portée de 1 à 4, si_4.
Longueur portée de 1 à 8, ut_3.

IX. L'anche par l'embouchure $ré_3$ de l'octave au-dessus du son fondamental ut_4 du tube labial.
Avec le bec, $ré_3$.
Longueur portée de 1 à 2, $ré^3$.

Le bec et le tuyau donnant la quinte, $ré_3$.
Longueur portée de 1 à 4, $ré\#_3$.
Longueur portée de 1 à 8, $ré\#_3$, sans pureté.

Les contradictions qui règnent entre ces expériences sautent aux yeux. Elles tiennent d'un côté à la différence de rapport entre le son fondamental de l'anche et celui du tuyau ajouté, d'un autre côté à celle dans la manière de souffler qui était nécessaire pour faire sortir le son, mais qui le modifiait sur-le-champ. Ce qui ressort certainement de ces expériences, c'est qu'un tuyau court, dont le son propre, sans anche, serait beaucoup plus élevé que celui de l'anche seule, n'élève pas le son quand le souffle est court, mais l'abaisse ordinairement un peu, et qu'en allongeant le tuyau lorsque le son est tombé, on finit par le ramener presque au son primitif.

Dans les expériences précédentes, la bouche avait été employée pour faire parler les anches à languette membraneuse. Il était intéressant de rechercher ce qui arriverait si, au lieu de souffler avec la bouche dans une anche établie sur un tuyau de rapport, ce qui produit nécessairement un courant d'air dans ce dernier, on faisait parler la languette membraneuse en soufflant dessus avec un tube délié, cas dans lequel le tuyau ne serait point traversé par un courant d'air. Ici encore le tuyau de rapport ne fut pas sans influence sur les modifications du son de l'anche. Je vais rapporter quelques unes des expériences que j'ai faites en ce sens.

I. Son de la languette en caoutchouc de l'anche, sans aucun tuyau, en la faisant parler avec un tube très fin, si_3.
Avec le bec, $la\#_3$.
Addition d'un tuyau de ut_4, souffle avec le même tube que précédemment, si_3, qui sort mal.
Le bec avec tuyau donnant la quinte si_3.
Addition d'un tuyau de ut_3, $sol\#_3$.
Addition d'un tuyau d'ut_2, $la\#_3$.

II. Son d'une languette avec un tuyau de trois pouces et demi, ut_4.
Avec le tuyau d'ut_5, ut_4.
Avec le tuyau d'ut_4, ut_4.
Le bec avec le tuyau donnant la quinte, ut_4.
Avec le tuyau d'ut_8, ut_4.
Avec le tuyau d'ut_2, si_3.

III. Son d'une languette avec un tuyau de trois pouces et demi, $ré\#_3$.
Avec le tuyau d'ut_3, $ré_3$.
Avec le tuyau d'ut_4, $ré_3$.
Le bec avec le tuyau donnant la quinte, $ut\#_3$.
Avec le tuyau d'ut_3, $ré\#_3$.
Avec le tuyau d'ut_2, $ré$.

IV. Son d'une languette avec un tuyau de deux pouces et demi, si_3.
Avec le tuyau d'ut_3, $la\#_3$.

Avec le tuyau d'ut_4, si_5 faible.
Avec le tuyau d'ut_5, si_5 faible.
Avec le tuyau d'ut_2, si_5 faible.

Les séries d'expériences que je viens de reproduire ne donnent qu'une idée i parfaite de la manière dont le son de la languette est modifié par le tuyau de r port. Les tuyaux d'un volume déterminé produisent peu d'effet dans certains cas cependant d'autres en déterminent un bien prononcé. Afin de découvrir la loi phénomène, j'employai des tuyaux d'un pouce de diamètre, susceptibles d' portés successivement jusqu'à la longueur de quatre pieds, en y faisant en d'autres tuyaux plus grêles. Je pouvais parvenir ainsi à mesurer, depuis les petites dimensions, quelle est l'influence que le tuyau ajouté exerce sur le so l'anche. J'ai fait à ce sujet les expériences suivantes :

I. Son fondamental d'un anche unilabiale en caoutchouc (au moyen d'un tub de trois pouces), $ut\#_4$.

TUYAU AJOUTÉ.	SON.	REMARQUES.	TUYAU AJOUTÉ.	SON.	REMARQUES.
p. l.			p. l.		
0	$ut\#_4$		22 6	la_3 et $ut\#_4$	Le son saute de
6	ut_4	Le son baisse.			à $ut\#_4$, qui p
6 9	si_3	»			siste jusqu'a
7 6	$la\#_3$	»			de 30 p. de tuy
9	la_3	»	30	ut_4	Le son baisse.
9 6	la_3 et $ut\#_3$	Le son saute de la_3 à $ut\#_4$, qui persiste jusqu'à près de 18 p. de tuyau.	31	si_3 et $ut\#_4$	Le son saute de à $ut\#_4$.
			36	$ut\#_4$	
			40	ut_4	Le son baisse.
18	ut_4	Le son baisse.	45	si_3 et $ut\#_4$	Le son saute.
20	ut_4	»	48	$ut\#_4$	

II. Son fondamental d'une anche unilabiale en caoutchouc, en soufflant avec la bouche. $ré\#_4$.

TUYAU AJOUTÉ.	SON.	REMARQUES.	TUYAU AJOUTÉ.	SON.	REMARQUES.
p. l.			p. l.		
0	$ré\#_4$		17 6	si_3	Le son baisse.
3	$ré_4$	Le son baisse.	20	$la\#_3$	»
4 6	$ut\#_4$	»	22	la_3	»
5	ut_4	»	23 6	$sol\#_3$	»
6 6	si_3	»	26 6	$sol\#_3$ et si_3	L'un après l'au
7	$la\#_3$	»			Saut.
8	la_3	»	31	$la\#_3$	
9 6	$sol\#_3$	»	35	la_3	Le son baisse.
10	$sol\#_3$ et $ut\#_4$	Le son saute de $sol\#_3$ à $ut\#_4$.	39	$sol\#_3$	
			41	$sol\#_3$ et si_3	L'un après l'au
11	$ut\#_4$	Le son baisse.	45	$la\#_3$	Le son baisse.
13	ut_4	»			

III. Anche unilabiale sans porte-vent.

TUYAU AJOUTÉ.		SON.	REMARQUES.	TUYAU AJOUTÉ.		SON.	REMARQUES.
p.	l.			p.	l.		
3	6	fa_4		20	3	si_3	Le son baisse.
4		mi_4	Le son baisse.	21		$la\sharp_3$	»
4	6	$ré\sharp_4$	»	22	6	la_3	»
5		$ré_4$	»	24		$sol\sharp_3$	»
6		$ut\sharp_4$	»	25		sol_3	»
6	8	ut_4	»	29	9	$fa\sharp_3$	»
7	6	si_3	»	33		fa_3	»
8		$la\sharp_3$	»	34	3	mi_3	»
8	6	ut_3	»	35	6	$ré\sharp_3$	»
9		$sol\sharp_3$	»	38	6	$ré\sharp_3$ et ut_4	L'un après l'autre. Saut.
9	6	sol_3	»				
10		$fa\sharp_3$	»	40		$ré\sharp_4$	Le son baisse.
11	3	fa_3	»	42		$ré_4$	»
12		mi_3	»	42	9	$ut\sharp_4$	»
12	6	$ré\sharp_3$	»	43	4	ut_4	»
14		$ré_3$	»	44	4	si_4	»
17	6	$ré\flat_3$	»	44	6	$la\sharp_4$	id.
19		$ré\sharp_3$ et ut_3	L'un après l'autre. Saut.	45		la_4	id.
				46		$sol\sharp_4$	id.

IV. Son d'une anche unilabiale, par la bouche, sans porte-vent, si_3.

TUYAU AJOUTÉ.		SON.	REMARQUES.	TUYAU AJOUTÉ.		SON.	REMARQUES.
p.	l.			p.	l.		
0		si_3		22	4	$la\sharp_3$	Saut.
1	2	$la\sharp_3$	Le son baisse.	23		sol_3	Le son baisse.
2		la_3	id.	25	6	$fa\sharp_3$	»
3		$sol\sharp_3$	»	27	6	fa_3	»
7	6	sol_3	»	32		mi_3	»
9		$fa\sharp_3$	»	37	6	$ré\sharp_3$	»
10		fa_3	»	40		sol_3	Saut.
13		mi_3	»	42		$fa\sharp_3$	Le son baisse.
17		$ré\sharp_3$	»	45		fa_3	»

V. Son d'une anche unilabiale en caoutchouc parlant avec la bouche, mi^4.

TUYAU AJOUTÉ.		SON.	REMARQUES.	TUYAU AJOUTÉ.		SON.	REMARQUES.
p.	l.			p.	l.		
3		$ré\#_4$	Le son tombe.	20		si_3	Le son baisse.
3	9	$ré_4$	id.	24		la_3	»
4	9	$ut\#_4$	»	28		$ré$	Saut.
5	6	ut_4	»	29	6	$ré_4$	Le son baisse.
6	2	si_3	»	30		ut_4	»
7	4	$la\#_3$	»	30	6	si_3	»
10		la_3	id.	34		$la\#_3$	»
13	6	$ré\#_4$	Saut.	35		la_3	»
15		$ré_4$	Le son baisse.	41	6	$ré\#_4$ et mi_4	Saut.
15	8	$ut\#_4$	»	42		ut_4	»
17	6	ut_4	»	43		si_3	»

VI. Son d'une anche unilabiale en caoutchouc avec un tuyau de 5 pouces, sol_3. Le bord de l'anche repose un peu sur la plaque de bois, ou le cadre. Le son baisse jusqu'à une longueur de tuyau de 21 pouces, saute alors, puis baisse de nouveau jusqu'à 42 pouces, ensuite saute et baisse encore.

Ces expériences ont été répétées plusieurs fois, et elles ont donné des résultats semblables.

Les expériences de la première série, faites avec des tuyaux de rapport qui restaient les mêmes, mais en se servant d'anches dont le son propre avait une élévation différente, prouvent déjà que le changement de son d'une anche membraneuse ne dépend pas uniformément de la longueur absolue du tuyau qu'on ajoute. Celles que je viens de rapporter démontrent avec plus de précision encore que ce changement tient au rapport qui existe entre le son fondamental de l'anche et celui des tuyaux. Nos tuyaux avaient un pouce de diamètre. Un semblable tuyau, long de onze pouces et quatre lignes, a pour son fondamental ut_4. On peut calculer d'après cela les sons fondamentaux de chacun des tuyaux que l'on emploie. Ordinairement, par des tuyaux successifs, ou par l'allongement du tuyau, le son baisse par tous les semi-tons jusqu'à ce que le tuyau ait acquis une longueur telle que le son fondamental qu'il produit à lui seul se rapproche de celui de l'anche, et l'abaissement cesse dès avant qu'on en soit arrivé là; car il n'est pas facile d'abaisser ainsi le son d'une octave; par exemple, on ne peut le faire descendre que de ut_4 à la_3 (exp. 1re), de $ré\#_4$ à $sol\#_2$ (exp. 2), de mi_4 à la_3 (exp. 5). A une certaine limite, il remonte, par un saut, au son fondamental de l'anche, ou à peu près; et, lorsque ensuite on ajoute de nouveaux tuyaux, il redescend jusqu'à ce que ceux-ci aient acquis environ une longueur double, puis il remonte, et l'addition d'autres tuyaux le fait encore descendre. Dans plusieurs cas (exp. 3), l'abaissement se prolongea presque jusqu'à une octave. Le saut n'avait point lieu alors quand le tuyau avait acquis à peu près assez de longueur pour que le son fondamental en fût rapproché de celui de l'anche, mais seulement lorsqu'il était arrivé au double de cette longueur. Les causes de cette différence me sont demeurées inconnues. Mais ce qui ressort déjà des expériences, c'est qu'un tuyau à anche membraneuse se comporte à peu près

de la même manière que ceux à anche métallique, lorsqu'on y ajoute des tuyaux. Dans ces derniers, les expériences comportent une bien plus grande précision, parce que le changement de force du souffle ne modifie que très peu le son des anches métalliques, tandis qu'il change avec beaucoup de facilité celui des anches membraneuses d'un semi-ton ou même d'un ton entier. En faisant parler les anches avec un soufflet chargé de poids, on pourrait remédier jusqu'à un certain point à cet inconvénient : cependant le souffle avec la bouche, permettant de réduire le vent au plus bas degré susceptible de produire un son, présente certains avantages, et l'on peut à peine éviter d'y recourir, parce qu'il n'y a souvent qu'un mode particulier d'embouchure et de disposition des lèvres, sans changement dans la force du souffle, qui fasse sortir tel ou tel son.

Nous devons à Weber des recherches classiques sur les changements que les tuyaux de rapport font éprouver aux sons des tuyaux à anches métalliques. Il a donné les éclaircissements suivants à cet égard.

Soit a le quart de la longueur d'un tuyau dont la colonne d'air a le même son fondamental que l'anche isolée. Plus le son isolé de l'anche est grave ou aigu, plus a doit être long ou court.

1° Un tuyau prolongé jusqu'à a abaisse le son d'une manière insensible.

2° En portant la longueur de a à 2 a, l'abaissement augmente sensiblement ; cependant la durée des vibrations croît plus lentement que la longueur des colonnes d'air.

3° Pendant que la longueur de la colonne d'air croît de $2a$ à $3a$, le son s'abaisse rapidement, et la gravité augmente avec presque autant de vitesse que la longueur de la colonne d'air.

4° En allongeant de $3a$ à $4a$, le ton baisse plus rapidement encore, jusqu'à ce qu'enfin il soit plus grave d'une octave que celui de l'anche seule. En continuant d'allonger, le son revient tout à coup, par un saut, au son élevé de la plaque isolée, et, si l'on allonge encore, il recommence à s'abaisser de la même manière, jusqu'à ce que, à une longueur de $8a$, il soit d'une quarte environ plus grave que celui de l'anche isolée. Si l'on continue d'allonger, le son remonte de nouveau à celui de l'anche, et, quand on ajoute des tuyaux jusqu'à $12a$, il s'abaisse jusqu'à la tierce mineure du son de l'anche ; après quoi, il saute encore (1).

L'addition de tuyaux n'est pas le seul moyen de changer le son du tube à anche membraneuse. On peut arriver au même résultat de deux autres manières : par la force du souffle, et par l'occlusion partielle de l'extrémité inférieure du tuyau.

Quand on garnissait une anche à languette membraneuse de tuyaux ayant une certaine longueur, par exemple celle de quatre pieds, on pouvait, en soufflant avec plus de force, ou employant un autre mode de souffler, faire monter le son de près d'une octave, par semi-tons. Ce qu'on n'obtenait pas en se bornant à accroître la force du souffle, on pouvait le produire en serrant davantage les lèvres. Ainsi, par exemple, le son du tuyau à anche de quatre pieds, avec une languette membraneuse, était ut_2 ; en soufflant plus fort, avec ou sans resserrement des lèvres, il montait facilement à $ut_\sharp$, $ré$, $ré_\sharp$, mi ; le fa sortait très difficilement ; puis on obte-

(1) Poggendorff's *Annalen*, t. XVI, p. 425.

nait sans peine *fa*♯, *sol*, *sol*♯, *la*, *la*♯; le *si* avait de la peine à sortir, et n'était pas pur.

D'après les frères Weber (1), les tuyaux à languette métallique peuvent aussi produire des sons flûtés (vibrations avec nœuds), et le son qu'un de ces tuyaux donne, quand il vibre simplement, est d'une octave et une quinte plus grave que quand il vibre de manière qu'un nœud de vibration se forme; de sorte que, à cet égard, les tuyaux à anche se comportent comme des sifflets dont l'un des bouts est ouvert et l'autre bouché. Mais un phénomène propre uniquement aux tuyaux à anche membraneuse, c'est que la force du souffle peut élever de quelques semi-tons le son de l'anche, tant lorsqu'elle est isolée que quand elle se trouve unie à un tuyau. Si, au lieu de languettes élastiques sèches, je prends des languettes élastiques humides, par exemple une tunique d'artère, le son peut, sans addition de tuyau, être poussé, par semi-tons, beaucoup plus haut encore, jusque vers la quinte.

L'ouverture inférieure du tube exerce de l'influence sur le son du tuyau à languette membraneuse. Avec un tube de trois pouces, j'ai pu abaisser le son d'une quinte entière, en couvrant de plus en plus l'ouverture. Avec un tube de six pouces, le son de l'anche tombait d'un semi-ton en couvrant à demi l'ouverture, et descendait d'*ut*$_2$ à *fa*$_2$ en faisant pénétrer le doigt dans cette dernière. Mais, à mesure que le son s'abaisse, il perd sa force. Dans certains cas, l'introduction du doigt eut un effet inverse. Le son s'éleva un peu, de sorte, par exemple, que, si le son du tuyau à anche de vingt-quatre pouces, dont l'anche donnait *ré*$_2$, était *ré*♯$_2$, le doigt introduit dans l'ouverture pouvait l'élever un peu. Un phénomène analogue s'est présenté souvent. J'ai été fort longtemps sans pouvoir expliquer cette contradiction; cependant j'ai fini par m'en rendre compte. Tant que le son s'abaisse par l'effet des tubes, il devient toujours plus grave si l'on couvre l'extrémité inférieure. Mais, quand l'allongement est parvenu au terme où le son est sur le point de revenir, par un saut, au son aigu, alors l'occlusion de l'ouverture peut l'élever un peu et même déterminer le saut. Ainsi, par exemple, depuis cinq pouces jusqu'à quinze pouces, le son s'abaissait continuellement, savoir, de *sol*$_3$ à *ré*$_3$; dans les longueurs comprises entre ces deux termes, l'occlusion de l'ouverture inférieure déterminait toujours un abaissement. A vingt et un pouces, le son était sur le point de remonter, en sautant, de *ré*♯$_3$ à *sol*$_3$, et, le tuyau étant parvenu à cette longueur, on pouvait, en couvrant l'ouverture, amener le son à *mi*$_3$ et rendre plus facile le saut à *sol*$_3$.

S'il se trouve un rétrécissement considérable (un bouchon) à l'autre extrémité du tuyau, c'est-à-dire immédiatement au-devant de l'anche, le son devient la plupart du temps plus élevé qu'il ne l'est dans les tuyaux qui n'offrent pas cette disposition.

Influence du porte-vent sur le son des anches membraneuses.

Grenié paraît être le premier qui ait observé l'influence du porte-vent sur le son d'un tuyau d'anche à languette métallique. Cette influence n'a point encore été suffisamment étudiée. Je trouve que le porte-vent à travers lequel on souffle une

(1) *Wellenlehre*, p. 526.

languette membraneuse influe tout autant sur l'abaissement du son que le tuyau ajusté à cette dernière (1). C'est là également un point de la plus haute importance par rapport à l'organe de la voix, et qui mérite d'être examiné ici.

En général, il y a cinq états dans lesquels une languette peut être amenée à produire du son.

1° Par le courant d'air qui sort d'un petit tube délié sans porte-vent, ni tuyau, ni châssis; le son, comme nous l'avons vu, est déjà différent de celui qu'on obtient d'une languette tendue dans un châssis, lorsqu'on embrasse celui-ci avec les lèvres et qu'on souffle avec la bouche.

2° La languette est limitée par un châssis, et on la fait parler, sans porte-voix ni tuyau, à l'aide de la bouche, les organes respiratoires seuls faisant office de soufflet.

3° La languette est pourvue d'un tuyau, et l'on souffle à l'aide de la bouche, sans porte-vent.

4° La languette est sans tuyau, et on la fait parler au moyen d'un porte-vent sur lequel elle est tendue.

5° La languette est pourvue d'un tuyau et d'un porte-vent.

Dans tous ces cas, le son fondamental de la languette est différent.

Quant à l'union de la languette avec un porte-vent, il faut d'abord examiner le cas le plus simple, celui d'une languette sans embouchure, et qui se trouve à l'extrémité du porte-vent.

Le changement des sons suivant les longueurs diverses du porte-vent est ici le même absolument que dans les corps du tuyau de longueur diverse. En allongeant le porte-vent, le son baisse par semi-tons jusqu'à une certaine limite, qui ne s'étend pas non plus jusqu'à l'octave. En allongeant davantage, le son revient par un saut à sa hauteur primitive, puis s'abaisse à mesure que l'allongement fait des progrès, revient tout à coup au même son aigu, puis baisse encore, et ainsi de suite. Cependant il n'y a point accord parfait entre les longueurs d'un corps de tuyau et celles d'un porte-vent qui sont nécessaires pour la production d'un certain son. Je me suis servi, pour ces expériences, d'une languette unilabiale en caoutchouc, tendue sur un tube long d'un demi-pouce. Vis-à-vis du bord de la languette se trouvait une plaque de bois solide, comme dans la série précédente d'expériences. Cette languette à son fixe et déterminé était, dans un cas, pourvue d'un corps de tuyau et soufflée avec la bouche, en embrassant des lèvres le pourtour du châssis; dans le second cas, elle était soufflée, sans corps de tuyau, à l'aide d'un porte-vent, qu'on pouvait allonger à volonté, comme, dans l'autre cas, le corps de tuyau. La table suivante contient les longueurs du corps de tuyau et du porte-vent qui étaient nécessaires pour obtenir les mêmes sons de la languette rendant un même son dans les deux cas. Le son de cette languette seule, embouchée avec les lèvres, était *si*$_3$.

Une seconde expérience comparative me donna les résultats suivants. (Le son fondamental de la languette seule était *mi*$_4$.)

(1) Muncke dans Gehlers, *physik. Wörterb*, VIII, 376.

SONS.	Porte-vent sans corps de tuyau.	SONS.	Corps de tuyau sans porte-vent.	SONS.	Porte-vent sans corps de tuyau.	SONS.	Corps de tuy sans porte-vent
	Pouc. l.		Pouc. l.		Pouc. l.		Pouc. l.
$la\sharp_3$	4 6	$la\sharp_3$	1 2	sol_3	19	sol_3	23
la_3	9 10	la_3	2	$fa\sharp_3$	32	$fa\sharp_3$	25 6
$sol\sharp_3$	13	$sol\sharp_3$	2—5 6			fa_3	27 6
sol_3	15 6	sol_3	7 6			mi_3	32
$fa\sharp_3$	17 6	$fa\sharp_3$	9			$ré\sharp$	39 6
fa_3	19	fa_3	10	fa_2 et $la\sharp_2$	35. Saut du son.		
		mi_3	13				
		$ré\sharp_3$	17	la_2	37		
fa_2 et $la\sharp_2$	20. Saut du son.			$sol\sharp_2$	42		
		$la\sharp_3$	22 4. Saut du son.	sol_2	46	sol_3	30 $ré\sharp_3$ sol_3.
la_2	24 6					$fa\sharp_3$	42
$sol\sharp_2$	27 6					fa_3	45

SONS.	Porte-vent sans corps de tuyau.	SONS.	Corps de tuyau sans porte-vent.	SONS.	Porte-vent sans corps de tuyau.	SONS.	Corps de tu sans porte-ven
			Pouc. l.		Pouc. l.		Pouc. l.
		mi_4	1	si_3	22	si_3	20
	Pouc. l.	$ré\sharp_4$	3			la_3	24
$ré_4$	4 9	$ré_4$	3 9			$ré\sharp_4$	26. Saut.
$ut\sharp_4$	6	$ut\sharp_4$	4 9	$ré_4$	24 9. Saut.	$ré_4$	29 6
ut_4	7 6	ut_4	5 6	ut_4	30 6	ut_4	30
si_3	9 6	si_3	6 2		Ne parle plus.	si_3	30 6
		$la\sharp_4$	7 4			$la\sharp_3$	34
la_3	10	la_4	10			la_3	35
		mi_4—$ré\sharp_4$	13 6. Saut.			$ré\sharp_3$—mi_4	41 6. Sa
$ré_4$	15 5. Saut.	$ré_4$	15			ut_4	42
$ut\sharp_4$	18 9	$ut\sharp_4$	15 8			si_3	43 6
		ut_4	17 6				

Enfin il faut encore parler de la modification que le son de la languette épro quand on rétrécit le porte-vent à l'une ou à l'autre des extrémités.

Si l'on introduit dans un porte-vent court, du côté où se trouve la langue un bouchon percé, à son milieu, d'un trou par lequel seul le courant d'air pu passer, le son devient plus aigu. Cette influence agit de la même manière que qu on raccourcit l'ouverture.

Si, au contraire, on rétrécit le porte-vent du côté opposé, où se trouv languette et où l'on applique les lèvres, et cela en rendant l'ouverture plus tite, le ton devient plus grave, quand il n'a point été abaissé par la longueur porte-vent; car, lorsque cette dernière cause lui a imprimé beaucoup de gra l'étroitesse de l'embouchure n'amène aucun changement, ou même élève un le son.

Anches membraneuses, avec corps de tuyau et porte-vent.

Non seulement les longueurs que le porte-vent et le corps de tuyau seuls vent avoir pour qu'on obtienne un certain abaissement du son d'une languett

sont pas égales, mais encore il n'y a pas non plus compensation de l'une par l'autre. S'il s'opérait une compensation, il est clair que, quand une longueur n du corps de tuyau donnerait le son x avec la languette sans porte-vent, une longueur moindre de ce tuyau, $n—a$ devrait, avec un porte-vent a, reproduire le son x. Or, c'est ce qui n'arrive point. Ainsi, par exemple, un corps de tuyau de douze pouces et demi donnait *fa*$\sharp_3$ avec la languette; mais, si ces douze pouces et demi se trouvaient répartis de manière qu'il y en eût six et un quart pour le corps du tuyau et autant pour le porte-vent, le son était *sol*$\sharp_3$. Un corps de tuyaux de sept pouces et demi donnait *la*$\sharp_3$ avec une languette; ces sept pouces et demi, distribués entre le corps du tuyau et le porte-vent, donnaient *ré*$_4$.

Si l'on rend le corps de tuyau et le porte-vent assez longs chacun pour que le premier donne avec la languette (en soufflant de la bouche) le même son que celui auquel la languette donne lieu avec le porte-vent seul soufflé par l'autre bout, on obtient le même son de cette languette munie d'un corps de tuyau en avant et d'un porte-vent en arrière. Cette expérience a été répétée bien des fois, et le résultat n'a jamais varié. De cette particularité et de ce qui précède, il semble découler que les colonnes d'air du corps de tuyau et du porte-vent influent chacune sur le son de la languette, en sorte que, si le corps du tuyau et le porte-vent, essayés chacun à part avec la languette, donnaient des sons différents, ils exerceraient aussi une influence différente sur la languette. Le tuyau à anche devient donc plus compliqué encore, par l'addition d'un porte-vent, qu'il ne l'était déjà par celle d'un corps de tuyau, et, comme chaque fois qu'il parle, que ce soit par l'effet de la bouche ou par celui d'un soufflet, le réservoir d'air doit toujours être considéré comme porte-vent, la simple expérience d'une languette avec corps de tuyau qu'on fait parler à l'aide de la bouche donne un exemple du son modifié par un porte-vent. Connaître l'action réciproque de ces influences serait de la plus haute importance pour la théorie de la voix, puisque là il y a à la fois un corps de tuyau (l'espace au-devant des ligaments inférieurs de la glotte) et un porte-vent (trachée-artère et bronches). Mais c'est un des problèmes les plus difficiles de l'acoustique, et il m'a été impossible d'arriver à rien qui se rapprochât d'une règle. Je ne vois que la confirmation constante du fait qu'à une certaine longueur du corps du tuyau, l'allongement du porte-vent change toujours le son, jusqu'à ce que les influences réciproques soient devenues égales. Lorsque le porte-vent a une longueur déterminée, et qu'on allonge le corps du tuyau, on obtient un abaissement jusqu'à une certaine limite : allonge-t-on davantage, le son repasse par un saut à son élévation primitive; puis, après un nouvel allongement, descend encore jusqu'à ce qu'il saute de nouveau, ce qui se reproduit avec régularité. Quelques unes des expériences citées précédemment, dans lesquelles on se servait d'un court porte-vent pour faire parler la languette munie d'un corps de tuyau, appartiennent déjà ici.

Dans une anche longue de six pouces, le son fondamental *ré*$_4$ tombait à *mi*$\sharp_4$ avec un corps de tuyau de quatre pouces; un tuyau de quatre pouces et demi le ramenait à *ré*$\sharp_4$; il tombait à cinq pouces, et atteignait *ré*$_4$ avant six pouces; à partir de ce dernier terme, il retombait, et à huit pouces et demi il était *ut*$\sharp_4$ ce qu'il restait jusqu'à seize pouces et demi; là il remontait de nouveau à *ré*$_4$; de dix-huit à vingt-quatre pouces, il était plus grave, *ut*$_4$; à vingt-sept pouces et demi, il re-

montait à *ré*$_4$; à trente pouces et demi, il était retombé à *ut*$\sharp_4$, et il restait là jusqu'à quatre pieds.

Instruments de musique à anches membraneuses.

Les appareils dont il a été question jusqu'ici forment une section d'instruments à anche dont on n'a fait jusqu'ici aucun usage en musique. L'organe de la voix de l'homme et celui des oiseaux appartiennent, comme nous le verrons, à la même catégorie. Dans le premier, les ligaments inférieurs de la glotte sont des anches à deux lèvres; le corps de tuyau est l'espace qui s'étend depuis les cordes vocales jusqu'aux ouvertures buccale et nasale; la trachée-artère et les bronches sont le porte-vent. Dans le second, les cordes vocales du larynx inférieur, à la bifurcation de la trachée-artère et de chaque côté, constituent des anches; la colonne d'air du corps de tuyau est ici la masse d'air contenue dans la trachée-artère tout entière, depuis sa division jusqu'au larynx supérieur, et l'air de la cavité buccale; celle du porte-vent n'est que l'air des bronches, depuis la bifurcation de la trachée jusqu'aux poumons.

Mais les lèvres de l'homme peuvent aussi agir comme anches, lorsque la contraction des muscles les met à l'état de tension; dépourvues d'élasticité par elles-mêmes, elles en obtiennent un équivalent par la contraction de leur sphincter. Si l'on fait sortir l'air avec pression entre les lèvres tendues par leur muscle orbiculaire, il se produit des sons qui appartiennent à la classe de ceux des instruments à anche. La cavité buccale et les organes respiratoires font alors office de porte-vent. L'instrument est un instrument à anche avec porte-vent, sans corps de tuyau. Adapte-t-on aux lèvres un tuyau en carton ou en métal, non seulement le son devient plus plein, mais encore il peut être modifié par le tuyau.

La même chose arrive à l'anus. Le sphincter tend la peau de l'anus, et la fait agir comme une languette avec porte-vent (les gaz instestinaux), sans corps de tuyau.

Aux instruments à anche dont il a été question jusqu'ici tiennent de très près les trompettes et les cors, dans lesquels les lèvres sont mises en mouvement, comme anches membraneuses, par le souffle, tandis que la colonne d'air du tuyau résonne ainsi qu'elle fait dans les instruments à anches ordinaires. Dans ceux-ci, l'anche est une pièce à part, qui, séparée de l'instrument, produit des sons à elle seule. Dans les cors, les trompettes, les trombones, il ne suffit pas de souffler dans ce qu'on appelle l'embouchure pour produire un son, il faut encore que les lèvres elle-mêmes fassent l'office d'anche, et elles sont effectivement les languettes membraneuses entre lesquelles le courant d'air se trouve refoulé. Le muscle orbiculaire remplace l'élasticité qui leur manque, par la réaction qu'il exerce sur le filet d'air qui les traverse; il se produit des sons d'une valeur déterminée, et d'autant plus aigus que les lèvres se contractent davantage. Il semble que la grandeur de l'ouverture influe sur le son de ces sortes d'anches, comme elle le fait quand on siffle, et, en effet, le sifflement avec la bouche, qui paraît ne point appartenir ici, devient plus grave quand l'ouverture des lèvres est plus grande. Cependant, comme une contraction plus forte du sphincter de la bouche a lieu quand on resserre l'ouverture des lèvres, l'étroitesse de cette ouverture, dans la position

que les lèvres affectent lorsqu'on sonne de la trompette, produit absolument le même effet qu'une tension plus considérable sur les languettes membraneuses élastiques.

L'embouchure de la trompette est d'abord creusée en forme de godet; après quoi elle se rétrécit. Celui qui veut sonner de l'instrument applique le bord de cette excavation sur ses lèvres, et chasse l'air par une étroite ouverture de celles-ci, aux bords desquelles le sphincter procure une tension déterminée. L'élévation du son doit croître avec la force de la tension que les lèvres acquièrent par la contraction de leur muscle orbiculaire. Il faut qu'un vide se trouve au-devant des lèvres, sans quoi leur bord tendu ne pourrait point agir comme anche : aussi, quand le godet de l'embouchure se trouve rempli au point qu'il ne reste plus qu'un étroit passage dans le milieu, on a beau souffler, aucun son ne se fait entendre. Ce qui prouve bien que telle est la cause essentielle du son de la trompette, c'est que, sans embouchure, avec les seules lèvres tendues par la contraction du sphincter, on peut produire un son semblable à celui de l'instrument. Une seule lèvre est même suffisante pour déterminer des tremblements qui sont perçus comme sons, par exemple, quand on porte la lèvre supérieure fort loin au-dessus de l'inférieure, et qu'ensuite on chasse l'air entre la lèvre supérieure vibrante et la surface ferme de l'inférieure. L'embouchure du cor diffère de celle de la trompette, en ce qu'au lieu d'un godet, elle présente une excavation conique; mais la manière d'y appliquer les lèvres est la même : il ne faut pas que les bords de celles-ci touchent.

Biot traite des trompettes et des cors en parlant des instruments à vent. Il attribue les différents sons que ces instruments donnent, à la différence de force avec laquelle le souffle pousse la colonne d'air de la trompette, de même que la colonne d'air d'un sifflet donne, quand on souffle plus fort, les sons correspondants aux nombres 1, 2, 3, 4, 5 (ouverts), ou 1, 3, 5, 7 (fermés). Mais la force du souffle élève ici très peu le son, et ne fait que le rendre plus intense; la différence des sons dépend de la tension des lèvres. Il est plus exact de rapporter les trompettes et les cors aux instruments à anches, ainsi que l'a fait Muncke. Ce sont évidemment, comme il ressort de tout ce qui précède, des tuyaux à anches à languette membraneuse, dans lesquels le timbre du son est changé par le métal du corps de tuyau, et l'élévation de celui de l'embouchure par la colonne d'air de ce tuyau, qui entre simultanément en vibration sonore. Les sons de la trompette et du cor ne croissent pas non plus en élévation dans une proportion inverse de la longueur du tuyau, comme il arrive aux instruments à vent: on sait, au contraire, que, dans la trompette, la diminution ou l'accroissement de la longueur du tuyau n'a qu'une influence faible et subordonnée sur l'élévation du son, absolument comme dans les tuyaux à anche. Le changement de son que l'on cherche à obtenir ainsi est opéré, pour les trompettes et les cors, par la main introduite dans le pavillon, pour les trombones par les tractions exercées sur leurs tuyaux mobiles. Il y a dans les cors et les trompettes presque autant de positions à donner à la main, en l'introduisant dans le pavillon, que d'espèces de sons. Quant à l'élévation du son de ces instruments, on parvient à la changer par deux autres moyens, comme dans les instruments à anche; d'abord en variant la tension des lèvres, qui doit exercer à cet égard la même influence qu'une tension plus forte de la languette membra-

neuse d'un tuyau d'anche ; ensuite à l'aide de l'obturation, qui abaisse le son, précisément comme elle le fait dans les tuyaux d'anche à languette membraneuse.

Le cor, entre les mains d'un artiste exercé, embrasse trois octaves, sans qu'on soit obligé d'introduire la main dans le pavillon, et voici quelle est la succession des sons :

Ut, *sol*, ut_2, mi_2, sol_2, ut_3, $ré_3$, mi_3, sol_3, si_3, ut_4. La succession entière des sons qu'on peut produire à l'aide de la main est ut, *fa*, sol, *si*, ut_2, $ré_2$, mi_2, fa_2, sol_2, la_2, si_2, ut_3, $ré_3$, mi_3, fa_3, sol_3, la_3, si_3, ut_4. Les lettres italiques indiquent les sons qui s'obtiennent avec la main introduite dans le pavillon ; la_2 exige qu'on bouche à moitié seulement. Les demi-tons peuvent aussi, en partie, être produits par la main bouchant à demi le pavillon. Comme le principal moyen est la tension des lèvres par la contraction musculaire, l'exécutant qui s'est fatigué à sonner du cor perd son aptitude pendant quelque temps. Ce sont surtout les sons élevés qui fatiguent, non par la force du souffle, mais par la tension des lèvres.

Les trous latéraux, fermés par des clefs, qu'on a ajoutés dans ces derniers temps aux trompettes et aux cors, ont ici les mêmes usages qu'à l'égard des autres instruments à anche, la clarinette, le hautbois et le basson.

Après avoir passé en revue les différentes espèces d'instruments à anche, tant ceux à languette élastique rigide que ceux à languette élastique membraneuse, il convient de revenir sur la théorie des sons produits par les anches. Cependant il va être question, non des vibrations de l'air dans le corps du tuyau, mais de celles de l'anche elle-même.

Conclusions sur la théorie des sons produits par les anches.

Ayant appris à connaître, dans ces derniers temps, des sons qui sont produits par le simple choc de liquides, comme ceux de la sirène, ou par les chocs d'un corps solide se succédant avec rapidité, comme ceux qui résultent des secousses données par les dents d'une roue, on a été tenté d'admettre que les sons des anches dépendent aussi des chocs de l'air qu'à chaque vibration elles empêchent de sortir de leur châssis. Le défaut d'éclat des sons que les anches donnent par percussion ou par pincement, sans souffle, semble justifier cette théorie. Cependant elle n'est pas prouvée, et plusieurs arguments s'élèvent contre elle d'une manière formelle. La discussion de ce point est d'une grande importance pour la théorie de la voix humaine : en effet, il s'agit ici surtout de savoir qui résonne primitivement, dans la voix, des ligaments de la glotte ou de l'air.

G. Weber, aux recherches classiques duquel nous devons une connaissance certaine des effets qui ont lieu dans les tuyaux d'anche, se prononce positivement en faveur de l'hypothèse dont je viens de parler. Voici comment il s'exprime : Le son plein et fort que rend une plaque métallique qui vibre isolément dans son châssis, lorsqu'on souffle dessus, ne peut être produit par la plaque vibrante ; car alors il ne serait pas nécessaire d'exciter le son de celle-ci par un courant d'air, et elle donnerait un son absolument pareil, quant à l'élévation et à la plénitude, lorsqu'elle viendrait à être mise d'une manière quelconque en vibration, sans subir

aucun changement dans sa situation et ses rapports, ce qui n'est pas. En effet, Weber a excité, au moyen d'un archet de violon, les plus violentes vibrations dans la plaque pendant qu'elle demeurait unie avec les autres parties de l'instrument, sans parvenir à lui faire rendre un son plein et fort, susceptible d'être comparé; cependant je trouve que le son d'une guimbarde qu'on tient à la bouche est le même par l'effet de la percussion et quand on aspire l'air. Cette preuve ne me paraît pas décisive, et néanmoins il me semble que, dans les anches membraneuses, l'interruption du courant d'air ou les chocs n'exercent qu'une influence subordonnée sur la production du son, qu'ils contribuent seulement à le rendre plus fort et plus plein, mais que leur effet n'est pas de lui donner naissance. Les motifs suivants me font regarder comme invraisemblable la théorie qui attribue les sons des anches membraneuses aux pulsations de l'air.

1° Il n'y a aucune raison d'admettre que les sons des anches simples proviennent des interruptions du courant d'air, puisque les sons que les anches elles-mêmes doivent donner quand elles vibrent, suffisent pour l'explication. A la vérité, les sons que les anches membraneuses produisent par percussion sont dépourvus d'éclat, et n'ont pas non plus le même timbre que les sons d'anche. Mais la première différence s'explique sans peine; car un choc qui ne se répète pas plus d'une fois ne suffit point pour entretenir les vibrations. Quant à celle du timbre, on ne peut la mettre en doute; cependant il y a d'autres instruments encore qui donnent des sons d'un timbre divers lorsqu'on les fait parler soit par une seule percussion, soit par une succession de chocs : c'est ce qui arrive, entre autres, à une corde lorsqu'on la pince ou qu'on fait passer dessus un archet de violon. La même chose a lieu pour les sons d'anche, suivant que l'impulsion est momentanée ou soutenue. A la vérité, il y a des membranes, comme les lèvres et le sphincter de l'anus, qui ne résonnent point par la percussion, et qui donnent des sons d'anche très forts par le souffle; mais il ne s'agit jamais, quant à ce qui regarde la manifestation d'un son, que du nombre de vibrations nécessaire pour le produire: or, l'expérience autorise seulement à conclure que, dans ces sortes de membranes, une succession régulière de vibrations n'est possible qu'autant qu'un certain état de tension persiste pendant qu'elles reçoivent le choc de l'air, et cette condition n'existe pas lorsqu'il s'agit d'une simple percussion.

2° Les sons que j'ai produits en soufflant avec un tube délié sur des languettes métalliques, et mieux encore sur des languettes membraneuses sans châssis, ne sauraient être expliqués par les seules interruptions du courant d'air; ils ressemblent parfaitement, pour le timbre, à ceux que ces languettes rendent lorsqu'elles vibrent dans un cadre et agissent comme de véritables anches. A la vérité, on pourrait dire que les vibrations rétrogrades de la languette gênent aussi jusqu'à un certain point le filet d'air sortant du tube; mais il serait difficile de voir là une interruption réelle, puisque le courant d'air change de direction à mesure que la languette recule. Le filet d'air, qui exerce une action soutenue, est bien plutôt comparable, en ceci, à l'archet de violon frottant une corde.

3° Il n'est pas non plus nécessaire, du moins, pour les languettes membraneuses, que le châssis se ferme périodiquement pendant les vibrations de la languette. Alors même que la fente présente une largeur constante d'une ligne, les languettes membraneuses donnent souvent encore des sons clairs, et ces sons ne diffèrent

pas, pour le timbre, de ceux que les mêmes languettes font entendre quand la fente est très étroite.

4° Si la théorie qui attribue les sons d'anche aux interruptions du courant d'air était exacte, les sons devraient croître en raison directe du nombre des interruptions, ce qui n'est nullement démontré. Il y a une position de la languette par rapport au châssis, dans laquelle elle détermine une fois autant d'interruptions du courant d'air qu'elle-même fait de vibrations; c'est celle dans laquelle elle bat à travers l'ouverture du châssis; car, en le traversant, puis en revenant sur elle-même, elle interrompt deux fois le courant d'air; le nombre des interruptions est au moins double de celui qui a lieu quand la languette ne fait que frapper juste dans l'ouverture du châssis et revient aussitôt sur elle-même. Le son d'une languette qui traverse son châssis devrait donc, toutes choses égales d'ailleurs, être plus aigu d'une octave que celui de la même languette exécutant des battements simples: or, cela n'a pas lieu. A la vérité, on pourrait objecter que, dans le premier cas, elle décrit des arcs entiers de vibration, tandis que dans le second elle ne décrit que des demi-arcs, étant retenue soit par le châssis lui-même, soit par le courant d'air, de manière que, dans la seconde circonstance, elle vibre avec une fois plus de vitesse que dans la première, et qu'ainsi les interruptions du courant d'air sont égales de part et d'autre. Mais, en examinant la manière dont se comportent les languettes membraneuses, on rencontre encore des difficultés. Si j'applique une lame de carton ou de bois sur une languette membraneuse tendue à l'extrémité d'un porte-vent, le son demeure le même, que la plaque soit directement en face de la languette, c'est-à-dire sur le même plan, ou qu'elle s'enfonce de dehors en dedans du côté du porte-vent; dans les deux cas, la languette décrit également des arcs entiers. Mais, si j'applique la lame de manière que son bord dépasse le plan de la languette, le son produit en soufflant dans le porte-vent est beaucoup plus grave: il l'est souvent de l'intervalle compris entre *ut* et *fa*. Que la lame fasse saillie en avant ou en arrière de la languette, les arcs de vibration demeureront les mêmes, et cependant les sons seront différents. Mais la différence tient à la manière diverse dont l'air est poussé dans les deux cas, et à la résistance diverse que le courant continu de cet air oppose, dans les deux cas, aux vibrations récurrentes de la languette.

D'après ces motifs, il est vraisemblable que les languettes résonnent, non point par des interruptions du courant d'air, mais par leurs propres vibrations, et que les chocs donnés à l'air ne font que renforcer jusqu'à un certain point le son. A cet égard, les languettes métalliques se comportent, en général, comme les verges, les languettes membraneuses comme les cordes et les peaux tendues, et le son se produit d'autant plus facilement qu'un pareil corps possède encore plus d'élasticité malgré son peu de longueur. En étudiant les vibrations des corps élastiques tendus, on s'est trop attaché à une espèce de ces corps, aux cordes à boyau et autres analogues. Il est bien vrai que les cordes qu'on raccourcit beaucoup, en même temps qu'on diminue leur tension, perdent presque toute aptitude à produire des vibrations sonores; mais, si, après leur détente, elles conservaient encore de l'élasticité, quelque courtes qu'elles fussent, elles n'en seraient pas moins capables de donner des sons graves. Or, il y a d'autres corps qui, bien qu'étant très détendus, conservent assez d'élasticité pour pouvoir vibrer régulière-

rement ; tels sont le caoutchouc à l'état sec, et les tissus animaux (tunique artérielle) à l'état humide : aussi des pièces très courtes de ce corps produisent-elles des sons graves quand elles sont peu tendues et des sons aigus quand elles éprouvent une tension plus forte, et cela aussi bien par la percussion que par le souffle. Leurs vibrations changent, à tension égale, d'après la même loi exactement que celles des cordes, c'est-à-dire qu'elles croissent en raison inverse de la longueur, comme je l'ai fait voir précédemment.

Quelque exact que soit ce parallèle, cependant un corps élastique par tension qui vibre comme anche, diffère d'une corde à plusieurs points de vue essentiels. La différence ne consiste pas en ce que la corde, après avoir été percutée, demeure abandonnée à elle-même, tandis que l'anche éprouve, de la part du courant d'air, des chocs continuels, tantôt plus et tantôt moins forts, puisque la percussion de la corde se renouvelle continuellement à l'aide de l'archet. Ce qu'il y a de particulier dans une anche, c'est que le degré d'intensité du choc soutenu influe sur la durée de ses vibrations, et change beaucoup le son fondamental qu'elle donne par percussion. J'ai fait voir précédemment que pour une languette en caoutchouc qu'on fait parler sans châssis, au moyen d'un tube délié, le son fondamental s'élève d'un semi-ton et plus, lorsque le souffle devient plus fort ; mais une corde qu'on ne percute qu'une seule fois rend un son un peu plus grave quand le choc est fort que lorsqu'il est faible. Ce dernier effet s'explique en partie par le changement qu'une forte tension communique à la corde, qui devient plus longue, et qui ne revient pas tout de suite à son précédent état; peut-être aussi dépend-il en partie d'une sorte de torsion des molécules de la corde qui reposent sur le chevalet. Mais cette explication ne saurait s'appliquer à l'élévation du son d'une anche, car le résultat est précisément inverse de ce qui a lieu dans une corde. Lorsqu'une languette membraneuse vibre dans un châssis, la force du souffle élève le son, comme je l'ai fait voir, de plusieurs semi-tons, et, ainsi que je l'ai montré aussi, le son d'une membrane animale élastique humide peut être élevé par semi-tons d'une demi-quinte entière en soufflant avec force. Cette élévation n'est pas la suite d'une formation de nœuds de vibration, comme dans une colonne d'air vibrante ; car elle a lieu d'une manière successive en passant par les intervalles des semi-tons et, lorsqu'on accroît successivement la force du souffle, par tous les intervalles des semi-tons d'une manière criarde : elle ne dépend donc pas de la languette immédiatement, mais du corps choquant, de l'air. Probablement l'élévation résulte de ce que, quand on souffle avec plus de force, l'air, qui agit sans interruption, communique à la languette un mouvement plus accéléré, jusqu'à ce qu'elle sorte du courant, tandis qu'au retour il la repousse plus tôt que ne le ferait un souffle moins fort, de sorte que la languette ne fait pas d'excursions rétrogrades pleines, étant chassée de nouveau avant de les avoir accomplies.

Les languettes métalliques semblent bien se comporter à l'inverse des languettes membraneuses, puisqu'elles donnent un son plus élevé quand on souffle doucement que lorsqu'on souffle fort. Cependant ce phénomène paraît tenir uniquement à ce que, quand le souffle est faible, la languette n'entre point en vibration dans toute sa longueur, jusqu'à son attache. En effet, lorsque je souffle très fort dans un harmonica à bouche, le son finit par s'élever d'une manière très sen-

sible, de sorte que à cet égard aussi il y a concordance entre les deux sortes de languettes.

Il appartient donc à la nature des anches que, bien qu'elles se comportent, en général, comme les verges et les cordes, elles changent cependant leurs sons en proportion de l'action du corps qui les fait parler, de l'air. D'après cela, il faut les regarder comme une classe particulière d'instruments, à l'égard desquels les propriétés des corps élastiques, tant solides que liquides, doivent être prises simultanément en considération.

Les autres instruments de musique ne se rapprochent des anches qu'à quelques égards, par exemple, quant à cette circonstance que les sons dépendent aussi en quelque sorte du corps qui donne l'impulsion, surtout lorsqu'il agit avec continuité. Ce rapprochement a lieu pour les cordes qu'on fait parler d'une manière soutenue avec l'archet. Duhamel a fait voir comment on peut parvenir, par un certain maniement de l'archet, en changeant le frottement et la vitesse, à obtenir des sons plus graves que le son fondamental. Il dit avoir obtenu la seconde, la quarte, la quinzième, la douzième et la quatorzième au-dessous du son ordinaire de la corde. Je puis, d'après ma propre expérience, citer un autre exemple, en sens inverse, tiré des tuyaux d'anche. On sait qu'en soufflant avec plus de force, on parvient à produire, avec un sifflet ouvert, les sons correspondant aux nombres 1, 3, 5, 7, 9, etc., et avec un sifflet bouché ceux qui correspondent aux nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc. Ces sons doivent naissance à la production de nœuds de vibration dans la colonne d'air du sifflet, et n'ont rien à faire ici. Mais j'ai remarqué une tout autre élévation du son par des tuyaux d'anche suffisamment petits. Lorsque j'enfonce jusqu'à deux pouces le bouchon d'un sifflet d'un pied, l'instrument, en graduant le souffle depuis le plus faible jusqu'au plus fort, donne successivement, et en passant par toutes les nuances, tous les sons de l'intervalle entier d'*ut* à *la ;* et, si j'emploie un sifflet d'un pouce, l'élévation est portée bien plus loin encore. Les modifications que les sons éprouvent dans les anches ne se bornent pas à leur seule ascension par l'effet de l'accroissement du souffle ; leur élévation varie aussi sous l'influence du corps d'où émane le choc, puisqu'elle change suivant qu'on fait parler la languette sans châssis avec un petit tube, ou dans un châssis avec un porte-vent ; ils sont également modifiés par l'air, suivant qu'on le pousse ou qu'on l'attire, et par le mode d'embouchure, puisque les sons d'une même anche deviennent plus graves de quelques semi-tons lorsqu'on pince beaucoup les lèvres pour emboucher le porte-vent, et plus aigus lorsqu'au-devant de l'anche le porte-vent se trouve garni d'un bouchon qui ne permet pas à l'air de passer ailleurs que par le milieu. Nul doute que toutes ces modifications ne se rapportent à un changement dans le mode d'action du corps impulsif sur la languette.

CHAPITRE II.

De la voix, de l'organe vocal et des autres organes producteurs de sons, chez l'homme et les animaux.

Les recherches qui précèdent nous fournissent une base pour apprécier les moyens à l'aide desquels la voix de l'homme et tous les autres sons qu'on observe, tant dans notre espèce que chez les animaux, se produisent. Nous examinerons trois formations principales de sons musicaux, la voix de l'homme et des mammifères, les sons qui se produisent dans la bouche de l'homme, la voix des oiseaux. Dans ces trois cas, effectivement, la production du son s'effectue par des moyens divers et à des endroits différents. Les sons de la voix des mammifères naissent dans le larynx, et sont un peu modifiés, quant au timbre et au ton, par les parties situées au-devant de cet organe, que l'air traverse. La faculté de siffler met l'homme en possession d'un tout autre registre de sons, dont la source est dans les lèvres et l'air de la cavité buccale. La voix des oiseaux se produit dans un autre lieu encore, non pas dans le larynx supérieur, mais dans l'inférieur, celui qui occupe la bifurcation de la trachée-artère. La voix des autres animaux vertébrés qui en ont une se forme dans le larynx, comme chez l'homme et les mammifères; telle est, par exemple, celle des grenouilles, des crapauds, etc. Il existe, en outre, chez certains animaux, même parmi ceux des classes inférieures, des appareils producteurs de sons, dont je ne m'occuperai pas ici, parce qu'ils m'entraîneraient trop loin de mon but (1).

I. Voix de l'homme.

A. Organe vocal de l'homme en général.

S'il est dans la théorie de la voix humaine une question à laquelle on puisse répondre sur-le-champ, c'est celle de savoir dans quelle partie des voies aériennes la voix se forme. Les observations recueillies sur l'homme vivant et les expériences faites sur le larynx humain démontrent qu'elle se produit dans la glotte même, ni

(1) *Cons.*, sur la voix de l'homme, Dodart, dans les *Mém. de l'Acad. des sc.*, années 1700, 1706, 1707. — Ferrein, *ibid.*, 1741. — Magendie, *Précis élémentaire de physiologie.* Paris, 1836, t. I, p. 264, et *Dict. de méd. et de chir. prat.*, art. Bégaiement, t. IV, p. 63. — Dutrochet, *Mém. pour servir à l'hist. anat. et phys. des anim. et des végét.* Paris, 1837, t. II, p. 519 et suiv. — Biot, *Traité de physique*, t. II, p. 190. — Savart, dans les *Annales de chimie*, t. XXX, p. 64. — Liscovius, *Theorie der Stimme.* Leipzick, 1814. — Chladni, dans les *Annales de Gilbert*, t. LXXVI, p. 187. — Mayer, dans les *Archives de Meckel*, 1826. — Bennati, *Recherches sur le mécanisme de la voix humaine.* Paris, 1832. — Muncke, dans le *Dict. de phys. de Gehler*, t. VIII, p. 373. — Mayo, dans les *Outlines of human physiology*, 1833. — Ch. Bell, dans les *Philos. Trans.*, 1832. — Malgaigne, dans les *Archives générales de médecine*, 1834, t. XXV. — Willis, dans les *Transact. of the Cambridge phil. Soc.*, 1833. — Bishop, dans *Lond. and Edinb. phil. Magaz.*, 1836. — Leufeldt, *Diss. de vocis formatione.* Berlin, 1835. — C. E. Noeggerath, *De voce, lingua, respiratione, deglutitione observationes quædam.* Bonn, 1841. — F. Despiney, *Physiologie de la voix et du chant.* Bourg, 1841. — Segond, *Mémoires sur la parole et la voix*, dans *Archives de médecine*, 4e série, 1847, t. XIV, p. 346, t. XVI, p. 346, t. XVII, p. 200.

au-dessus ni au-dessous. Lorsqu'il existe une ouverture accidentelle à la trachée-artère d'un homme, ou qu'on en pratique une à celle d'un animal, la voix cesse, et elle reparaît dès qu'on bouche l'ouverture. C'est une expérience qui a été faite très souvent, et qui ne s'est jamais démentie. Au contraire, une ouverture pratiquée à la partie supérieure des voies aériennes, au-dessus de la glotte, ne supprime pas la voix. Magendie et Longet (1) se sont convaincus aussi que la voix persiste malgré la lésion de l'épiglotte, des ligaments supérieurs de la glotte et du sommet des cartilages aryténoïdes. Magendie a reconnu, de plus, sur des animaux vivants dont la glotte avait été mise à découvert, que les ligaments qui entourent cette dernière entrent en vibration lorsque l'animal laisse échapper des sons. On sait également que la lésion des nerfs laryngés, sous la dépendance desquels sont les petits muscles qui changent la configuration de la glotte et tendent les cordes vocales, abolit la faculté de former des sons, et que la paralysie, à cet égard, est complète quand les deux nerfs laryngés ont été coupés des deux côtés. Qu'on essaie de produire des sons avec le larynx d'un cadavre humain, en soufflant par la trachée-artère, ce à quoi le moins exercé parvient pourvu que les ligaments inférieurs de la glotte soient un peu tendus et la glotte elle-même rétrécie, on en obtient effectivement; peu importe que le tronçon de trachée par lequel on souffle soit long ou court; il peut même n'y en avoir pas de trace, et le résultat n'en sera pas moins le même en soufflant par l'extrémité inférieure du larynx. Un larynx ainsi détaché du corps peut être dépouillé de toutes les parties situées au-devant de la glotte, de l'épiglotte, des ligaments supérieurs, des ventricules compris entre les ligaments supérieurs et des cordes vocales, même de la plus grande partie du sommet des cartilages aryténoïdes; pourvu que la fente entre les ligaments inférieurs subsiste encore, et que cette fente soit étroite, l'organe n'en donnera pas moins des sons purs, aussitôt qu'on soufflera par la trachée-artère. De tout cela il suit que la cause essentielle de la voix réside dans la glotte, que la trachée-artère se comporte comme la soufflerie d'un instrument à vent, et que le tube situé en avant de la glotte, avec la partie supérieure de la cavité laryngienne, entre les ventricules de Morgagni, les ligaments inférieurs et supérieurs, et l'épiglotte, jusqu'aux cavités nasale et orale, correspondent aux corps de tuyau de cet instrument, qui modifie bien le son, mais ne le produit pas. En cela, l'organe vocal de l'homme et des mammifères diffère essentiellement de celui des oiseaux. Chez ces derniers animaux, la voix s'engendre dans un larynx spécial situé à la bifurcation de la trachée-artère; le larynx supérieur n'a pas de ligaments vocaux, et l'on ne peut en tirer aucun son, tandis que le larynx inférieur continue de parler après l'ouverture ou la section de la trachée-artère qui le surmonte, et qu'il donne également des sons quand on le souffle par les bronches, comme il arrive au larynx de l'homme soufflé par la trachée-artère. Ainsi, chez les oiseaux, il n'y a que les bronches qui puissent être considérées comme soufflerie ou embouchure. La trachée-artère tout entière, depuis le larynx inférieur, fait partie du corps du tuyau, ainsi que le larynx supérieur et les cavités tant orale que nasale.

Les limites de la glotte, les cordes vocales de l'homme, méritent de fixer d'abord notre attention. Ces ligaments sont doués d'élasticité. Le mouvement du cartilage

(1) MAGENDIE, *Élém. de phys.*, p. 105. — LONGET, *Anat du syst. nerv.*, t. II, p. 272.

thyroïde vers le cartilage cricoïde par le moyen des muscles crico-thyroïdiens (1), et celui des cartilages aryténoïdes au moyen des muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, qui les tirent en arrière, en même temps que les muscles aryténoïdiens, les rapprochant l'un de l'autre, rendent les cordes vocales susceptibles d'une tension diverse, soit que les derniers fixent les cartilages aryténoïdiens et que les autres les tendent, soit que ceux-ci fixent et que ceux-là tendent. La glotte devient ou plus longue ou plus courte, suivant le degré de cette tension. Le rapprochement des cartilages aryténoïdes par les muscles aryténoïdiens la rétrécit, leur écartement par les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs l'élargit. L'élasticité des cordes vocales les rend aptes à des vibrations régulières, et analogues, de ce point de vue, à des membranes tendues par deux bouts. Elle dépend du tissu élastique particulier qui entre dans leur composition, et qu'on retrouve aussi dans beaucoup d'autres parties du corps animal. Ce tissu diffère de tous les autres, non seulement par sa couleur jaune, mais encore, et surtout, par la disposition de ses fibres, les seules connues jusqu'à présent qui se divisent et s'anastomosent, comme nous l'ont appris les observations de Lauth et de Schwann. Sa structure est la même, quant aux points essentiels, partout où il se rencontre : dans le ligament cervical des mammifères, les ligaments jaunes des arcs vertébraux, les fibres longitudinales jaunes de la trachée-artère de l'homme et des mammifères, le ligament stylo-hyoïdien, le ligament élastique de la peau de l'aile des oiseaux, le sac guttural du pélican, les ligaments élastiques de la phalange onguéale des chats, le corps élastique qui courbe la verge de l'autruche, le ligament élastique qui fait rentrer la verge protractile des canards et des oies, du nandou et des casoars. Enfin, c'est dans les artères, dont il constitue la tunique moyenne, qu'il est le plus amplement et le plus généralement répandu chez tous les animaux vertébrés. Ses propriétés chimiques demeurent les mêmes partout. Eulenberg (2) a reconnu qu'il ne donne un peu de colle qu'avec beaucoup de difficulté, et seulement après une coction continuée pendant plusieurs jours; cette colle diffère de la colle ordinaire, et se rapproche de celle que j'ai obtenue des cartilages et de la cornée, qui est précipitable par l'alun, l'acide acétique, l'acétate de plomb et le sulfate de fer. Il se rapproche des tissus inférieurs, ou donnant de la colle (tissu cellulaire, tissu séreux, peau, tissu tendineux, cartilage), en ce que sa dissolution acide n'est point précipitée par le cyanure de fer et de potassium, tandis que la matière des tissus à base albumineuse est précipitée de sa dissolution acide par ce sel, comme l'a découvert Berzelius. L'élasticité du tissu élastique est si considérable et si durable, ainsi que je m'en suis assuré, que des journées entières d'ébullition et des années d'immersion dans l'alcool ne la lui enlèvent point.

Les cordes vocales ne sont pas les seules parties du larynx où l'on trouve du tissu élastique. Depuis longtemps déjà on sait que les ligaments hyo-thyroïdien et

(1) Pour déterminer l'influence des muscles *crico-thyroïdiens* sur la phonation, Longet (*Mém. sur le larynx*, dans *Gaz. méd.*, 1841) a eu l'idée de couper sur des chiens les petits rameaux nerveux qui animent ces muscles. Aussitôt est survenue une *raucité* de la voix extrêmement prononcée, due au défaut de tension des cordes vocales, raucité que Longet faisait disparaître en rapprochant, à l'aide d'une pince, le cricoïde du thyroïde, et remplaçant de la sorte l'action des muscles crico-thyroïdiens. (*Note du trad.*)

(2) *De tela elastica.* Berlin, 1836.

crico-thyroïdien moyen en sont formés. Le dernier de ces ligaments doit, même sans le concours du muscle crico-thyroïdien, tenir rapprochés l'un de l'autre les bords correspondants du cartilage thyroïde et du cartilage cricoïde : de là vient que le mouvement en arrière des cartilages aryténoïdes par l'action des muscles, dans le cas de tension des cordes vocales, a aussi à combattre en quelque sorte l'action de ce ligament, et que, quand les cartilages aryténoïdes se trouvent fixés, les ligaments de la glotte doivent déjà éprouver quelque tension par le fait seul du rapprochement qu'il établit entre les parties antérieures des cartilages thyroïde et cricoïde. Cependant Lauth (1) a découvert que le tissu élastique est bien plus répandu encore dans l'intérieur du larynx. La plus grande portion de ce tissu naît de la moitié inférieure de l'angle du cartilage thyroïde, entre les insertions des muscles thyro-aryténoïdiens; de là des fibres rayonnent de haut en bas, obliquement d'avant en arrière, et même un peu de bas en haut, formant ainsi une membrane cohérente, qui se fixe à tout le bord supérieur du cartilage cricoïde, le point excepté où s'articulent les cartilages aryténoïdes. En ce dernier endroit, les fibres élastiques s'insèrent à l'angle antérieur de la base des cartilages aryténoïdes et à leur bord antérieur. La membrane radiante a trois faisceaux de renforcement, qui sont le ligament crico-thyroïdien moyen et les ligaments thyro-aryténoïdiens inférieurs. Elle forme aussi les cordes vocales supérieures. Les ligaments supérieurs et inférieurs de la glotte sont unis ensemble par une couche extrêmement mince de tissu élastique, qui revêt le ventricule de Morgagni. Le ligament hyo-thyroïdien latéral est élastique aussi, et le même tissu existe également dans les ligaments thyro-épiglottique, hyo-épiglottique et glosso-épiglottique. Si l'on ajoute à cela les fibres longitudinales élastiques qui se trouvent à la partie membraneuse de la trachée-artère et aux bronches, on aura une idée de la grande étendue des parois susceptibles de vibrations et de résonnance qui environnent l'organe de la voix.

Notre attention doit se porter ensuite sur les formes possibles de la glotte, et sur celles qu'elle prend réellement lorsqu'elle rend des sons. D'après Lauth, dans l'état de repos, et quand elle ne parle pas, la glotte a une forme lancéolée. On sait qu'elle s'élargit pendant l'inspiration, et qu'elle se rétrécit pendant l'expiration. Ses côtés sont formés, en arrière, par la face interne et l'apophyse antérieure de la base des cartilages aryténoïdes, en avant, et dans sa plus grande partie, par les cordes vocales, qui se fixent à cette apophyse. Dans une glotte longue de onze lignes, et ouverte d'un bout à l'autre, la partie postérieure en a quatre de long, et l'antérieure sept. Lorsque la glotte est aussi élargie que possible (muscles crico-aryténoïdiens postérieurs), elle représente une losange dont l'angle postérieur est tronqué. Les angles latéraux correspondent aux apophyses précitées des cartilages aryténoïdes, dont la distance de l'un à l'autre peut être portée jusqu'à cinq lignes et trois quarts. Dans l'état d'étroitesse, la glotte peut affecter trois formes : ou il y a seulement rapprochement des apophyses antérieures des bases des cartilages aryténoïdes par l'effet des muscles crico-aryténoïdiens latéraux, et, quand ces apophyses se touchent, la glotte est double (2); ou bien la glotte rétrécie est ou-

(1) *Mém. de l'Académie royale de médecine*, Paris, 1835, t. IX, p. 95.

(2) Longet (*Rech. exp. sur les fonctions des muscles et des nerfs du larynx*, dans *Gazette médicale*, 1841) s'est assuré directement par l'expérience, en galvanisant, sur des larynx de bœuf et de cheval, uniquement les filets du nerf récurrent qui se rendent aux muscles crico-

verte dans toute sa longueur ; ou enfin sa partie postérieure se ferme tout à fait parce que les cartilages aryténoïdes se rapprochent jusqu'à leurs apophyses antérieures, auxquelles sont attachées les cordes vocales ; ce dernier effet est le résultat de l'action réunie des muscles aryténoïdiens et crico-aryténoïdiens latéraux ; la glotte se trouve alors réduite à l'espace compris entre ses bords élastiques et tranchants ; sa forme est allongée en pointe, tant en avant qu'en arrière ; sa longueur et sa largeur varient aussi beaucoup, suivant que les cordes vocales sont simultanément tendues ou ne le sont pas. La détente et le raccourcissement des ligaments inférieurs de la glotte ont lieu par le moyen des muscles thyro-aryténoïdiens, qui rétrécissent aussi l'espace situé au-dessus et au-dessous des cordes vocales.

On ne connaît pas encore bien la forme de la glotte chez l'homme vivant qui produit des sons. On sait seulement qu'elle est alors rétrécie. Comme il n'y a que sa partie antérieure, entourée de bords élastiques et tranchants, qui soit susceptible d'entrer primitivement en vibration, et que par conséquent on n'a point à s'occuper de sa partie postérieure, en ce qui concerne la voix, l'ouverture de cette partie ne pourrait qu'être une occasion de trouble, en agrandissant considérablement l'étendue de la glotte en surface. Mayo (1) a observé la glotte chez un homme qui, dans une tentative de suicide, s'était coupé la gorge immédiatement au-dessus des cordes vocales ; la plaie, dirigée obliquement, intéressait l'une des cordes et l'un des cartilages aryténoïdes ; quand le sujet respirait tranquillement, la glotte était triangulaire : dès qu'il cherchait à former un son, les ligaments devenaient presque parallèles, et la glotte linéaire. Si l'on en juge d'après la figure, il paraît que la partie postérieure de cette fente n'était point fermée. Un autre individu s'était coupé le cou au-dessus du cartilage thyroïde, de manière qu'on pouvait apercevoir la partie supérieure des cartilages aryténoïdes : quand il produisait un son, ces cartilages se trouvaient placés absolument comme si la glotte eût été fermée en totalité. Kempelen dit qu'il suffit que la glotte soit ouverte d'un douzième, ou tout au plus d'un dixième, pour que la voix puisse encore sortir (2), et Rudolphi (3) confirme cette assertion d'après le fait d'un homme chez lequel la perte du nez rendait la cavité pharyngienne tellement accessible à la vue, qu'on pouvait très bien voir la glotte s'ouvrir et se fermer.

Magendie ne comprend pas dans la glotte l'espace intercepté entre les cartilages aryténoïdiens, qui, d'après les observations faites par lui sur des animaux, sont appliqués immédiatement l'un contre l'autre pendant la sortie des sons. Malgaigne dit aussi que la partie postérieure de la glotte est fermée quand des sons se produisent. Il est possible que ce soit là, en effet, la règle ; car, sur le larynx humain séparé du corps, les sons ont de la peine à sortir quand la partie postérieure de la

aryténoïdiens latéraux, que ces muscles en contraction resserraient seulement la partie antérieure de la glotte et rapprochaient les deux cordes vocales l'une de l'autre, dans toute leur longueur. Aussi, divisant cette ouverture en glotte *intermusculaire* et en glotte *intercartilagincuse* ou *interaryténoïdienne*, fait-il les muscles crico-aryténoïdiens latéraux constricteurs de la première, et le muscle aryténoïdien constricteur de la seconde. (*Note du trad.*)

(1) *Outlines of human physiology.* Londres, 1833.

(2) *Mechanismus der menschlichen Sprache*, p. 81.

(3) *Physiologie.* Berlin, 1828, t. II, P. I, p. 370.

glotte n'est point fermée. Cependant j'ai reconnu que cette occlusion n'est pas d'une nécessité absolue, et, bien que je tinsse la glotte ouverte dans toute sa longueur, je n'en ai pas moins quelquefois obtenu des sons en ayant soin de tendre un peu les ligaments et de rétrécir l'ouverture.

Faits relatifs aux changements des sons de l'organe vocal et à leurs causes.

Les expériences sur les animaux vivants n'ont jusqu'à présent pas beaucoup contribué à éclaircir la théorie de la voix humaine, quoique les recherches de Magendie et de Malgaigne, en ce sens, aient leur mérite. Magendie découvrit la glotte d'un chien par une section faite entre le cartilage thyroïde et l'hyoïde, et il observa que les cordes vocales vibraient dans toute leur longueur pendant les sons graves, tandis que la portion de la glotte comprise entre les cartilages aryténoïdes était fermée. Suivant lui, dans les sons très élevés, les vibrations ne sont sensibles qu'à la partie la plus postérieure des cordes vocales, et l'air ne sort non plus que par la partie la plus postérieure de la glotte. Il est difficile d'entrevoir par quoi l'occlusion de la glotte à sa partie antérieure pourrait être opérée (1). Il n'est pas possible non plus de produire un pareil mode d'écoulement de l'air sur le larynx humain, tandis qu'on parvient aisément, sans changer la tension, à raccourcir un peu la partie postérieure de la glotte, en rapprochant davantage l'une de l'autre les apophyses antérieures des bases des cartilages aryténoïdes, auxquelles s'attachent les cordes vocales. C'est d'expériences faites avec soin sur le larynx humain lui-même qu'on doit attendre le plus de résultats. Quand on commence à s'y livrer, on éprouve des difficultés extrêmes ; tout étant mobile, comment donner aux parties le degré nécessaire de tension soutenue, aux cartilages une position déterminée et égale, condition nécessaire à la précision des expériences ; et comment changer facilement cette position pour satisfaire à des vues déterminées? On réussit pourtant avec un peu d'art. D'abord il s'agit d'obtenir un point fixe dans le larynx. La plus grande partie de la paroi antérieure et la partie supérieure de la postérieure sont mobiles. Le cartilage thyroïde peut se mouvoir sur le cricoïde, et les cartilages aryténoïdes sont également mobiles sur ce dernier ; les uns et les autres changent la tension des cordes vocales. Comme les cartilages aryténoïdes sont les parties les plus mobiles, celles dont les différences de situation peuvent le plus facilement induire en erreur dans les expériences, je me suis d'abord attaché à leur procurer une situation fixe. On prend un larynx auquel tienne encore un tronçon de trachée-artère, et on le pose, par sa paroi postérieure, sur une planchette, à laquelle on attache solidement le cartilage cricoïde, et à laquelle aussi on fixe les cartilages aryténoïdes. Le meilleur moyen d'y réussir est le suivant : j'enfonce obliquement à travers la partie inférieure des cartilages aryténoïdes, une aiguille, sur laquelle je les fixe immédiatement l'un à côté de l'autre. La perforation doit être faite avec beaucoup de précaution, afin que quand on tirera ensuite sur le cartilage thyroïde, les cordes vocales éprouvent une égale tension. Il faut aussi qu'elle ait lieu de telle sorte que, quand les cartilages sont appliqués l'un contre l'autre, les apophyses an-

(1) Suivant Longet, elle aurait lieu par l'action des deux muscles crico-aryténoïdiens latéraux. (*Note du trad.*)

térieures de leurs bases se touchent. On peut, sur cette aiguille, donner aux cartilages toutes les situations qu'on juge convenables l'un par rapport à l'autre. On peut les écarter un peu, de sorte que la partie postérieure non résonnante de la glotte soit ouverte; on peut aussi les mettre en contact parfait et les fixer inamoviblement par des liens dans cette situation, où la partie postérieure de la glotte se trouve fermée. Lorsque le larynx ainsi préparé est fixé sur la planchette par sa paroi postérieure, il faut également fixer sur le bois la partie de cette paroi qui est formée par les cartilages aryténoïdes; la chose est facile au moyen de liens, qui maintiennent l'aiguille immobile. La paroi postérieure du larynx se trouvant fixée de cette manière, on peut donner aux cordes vocales tous les degrés imaginables et rigoureusement mesurables de tension, en tirant sur la paroi antérieure formée par le cartilage thyroïde. Il est utile, pour détruire une résistance de la part de l'attache du cartilage thyroïde au cartilage cricoïde, de couper avec circonspection cette attache tout entière. Alors, au moyen d'un cordon fixé à l'angle du cartilage thyroïde, immédiatement au-dessus de l'insertion des cordes vocales, on peut attirer ce cartilage à soi, et agrandir la distance entre la paroi antérieure mobile et la paroi postérieure fixée du larynx, autant que le permettent les cordes vocales tendues entre ces parois; plus on tire à soi, plus les cordes se tendent. Je fais passer le cordon sur une poulie, et je l'attache à une balance; en mettant des poids dans celle-ci, je peux changer la tension des cordes vocales d'une manière rigoureusement évaluable. Comme l'épiglotte, les ligaments supérieurs de la glotte, les ventricules de Morgagni, les cartilages de Santorini, les ligaments ary-épiglottiques, et même la partie supérieure du cartilage thyroïde, jusqu'à l'insertion des cordes vocales, ne sont point essentiels à la production de la voix, j'excise toutes ces parties jusque immédiatement au dessus des ligaments inférieurs, afin de pouvoir mieux apercevoir ces derniers, quand ils vibrent, et la glotte. Du reste, il est nécessaire de commencer par apprendre à connaître ce que les ligaments inférieurs de la glotte peuvent produire à eux seuls. Plus tard l'influence des ventricules situés au-dessus d'eux sera examinée. On engage un tuyau en bois dans la trachée-artère pour souffler. J'ai répété souvent les expériences au moyen de cet appareil. Voici les faits que j'ai observés :

I. *Les ligaments inférieurs donnent, la glotte étant étroite, des sons pleins et purs lorsqu'on souffle par la trachée-artère.*

Ces sons se rapprochent beaucoup de ceux de la voix humaine, et ils ont une grande analogie avec ceux que l'on produit en soufflant sur des rubans humides de tunique élastique d'artère tendue à l'extrémité d'un tuyau. C'est de cette dernière manière que l'on construit le meilleur larynx artificiel. Les rubans de tunique élastique d'artère sont formés du même tissu que les cordes vocales elles-mêmes, et ils ont les mêmes propriétés physiques. On peut y substituer d'autres rubans secs en caoutchouc; les sons ne sont pas fort différents. Les rubans sont tendus par les deux bouts, mais bouchent d'ailleurs le bout du tuyau, et ne laissent qu'une petite fente entre eux. Les rubans élastiques humides ont sur ceux en caoutchouc l'avantage de donner des sons purs, comme l'organe vocal de l'homme, même lorsqu'ils sont très petits, de sorte que la différence observée par Cagniard-Latour entre les rubans en caoutchouc et les cordes vocales n'existe pas réellement.

II. *Ces sons diffèrent de ceux qu'on obtient quand on a laissé subsister les ven-*

tricules de Morgagni, les ligaments supérieurs et l'épiglotte, en ce qu'ils sont moins forts.

En effet, ces parties, aussi bien que la paroi postérieure de la trachée-artère, résonnent simultanément avec force.

III. *Les cordes vocales parlent surtout avec facilité quand la partie postérieure de la glotte, entre les cartilages aryténoïdes, est fermée.*

Cependant ce n'est point là une condition d'absolue nécessité. Souvent, mais non pas toujours, la voix se fait entendre alors même que la glotte est ouverte tout entière, pourvu que l'ouverture soit assez étroite. A cet égard je dois me mettre en contradiction, jusqu'à un certain point, avec Magendie et Malgaigne. Mais ces sons sont difficiles à produire et plus faibles (1).

IV. *Quand les cordes vocales ont une tension soutenue, le son reste le même, eu égard à l'élévation, que la partie postérieure de la glotte soit ouverte ou qu'elle ne le soit pas.*

Il est nécessaire néanmoins que l'occlusion de la partie postérieure de la glotte par l'adossement des cartilages aryténoïdes ne s'étende point au delà du point d'insertion des cordes vocales. On voit déjà clairement, d'après cela, que ce sont les cordes vocales dont les vibrations déterminent le son, et que ce n'est pas l'air qui vibre le premier en traversant la glotte : car autrement le son rendu par une glotte ouverte dans toute sa longueur devrait être beaucoup plus grave que celui d'une glotte de la longueur des cordes vocales.

V. *Si la partie postérieure de la glotte, entre les cartilages aryténoïdes, ne se ferme pas complétement; si les apophyses antérieures des bases de ces cartilages, quoique se touchant, laissent une petite ouverture derrière elles, il ne se produit pas de second son par cette ouverture.*

Quelquefois seulement l'air frémit en traversant l'ouverture qui reste entre les cartilages et la paroi postérieure par laquelle ils sont unis.

VI. *A tension égale des cordes vocales, le plus ou moins d'étroitesse de la glotte n'exerce pas d'influence notable sur l'élévation du son.*

Le son sort seulement avec peine quand la glotte est plus large, et il a moins d'éclat, parce qu'on perçoit en même temps le bruit causé par le passage de l'air. Il en est absolument de même avec le larynx artificiel à rubans en caoutchouc. Nous voyons ici, pour la seconde fois, que ce ne peut point être l'air qui vibre le premier, comme le pensaient Dodart et Liscovius, dans l'hypothèse desquels les ligaments ne faisaient qu'entrer simultanément en vibration; car alors la gravité du son devrait croître avec la largeur de la glotte. Les cordes vocales se comportent donc, à cet égard, comme les languettes membraneuses et métalliques, dans lesquelles une ouverture plus large rend le son plus difficile à sortir, mais ne

(1) Longet a fait cette remarque intéressante que, chez les jeunes mammifères, la glotte interaryténoïdienne est infiniment plus petite, relativement à la glotte intermusculaire, que chez les mammifères adultes, ce qui tient à l'absence presque complète des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes dans le jeune âge. Après la section des deux nerfs laryngés inférieurs, Longet, ayant entendu les jeunes chiens pousser encore des cris aigus, tandis que les adultes demeuraient aphones, regarde l'ampleur de la glotte interaryténoïdienne, chez ces derniers, comme l'obstacle à la production des cris aigus, opinion dont il démontre d'ailleurs la justesse par des expériences directes. (*Note du trad.*)

change rien à son élévation. Ferrein avait déjà remarqué qu'une plus grande largeur de la glotte n'entraîne pas des sons plus graves.

VII. *Quand les cordes vocales sont tendues inégalement, elles ne donnent, en général, qu'un seul son ; ce n'est que dans des cas rares qu'elles en font entendre deux.*

En cela elles se comportent encore comme les rubans de caoutchouc dans le larynx artificiel. J'ai fait voir précédemment que, quand les rubans de caoutchouc sont inégalement tendus, le son peut provenir d'un seul d'entre eux, en même temps que l'autre résonne souvent d'une manière faible, et qu'il n'y a pas toujours compensation des accords différents des deux rubans. On a souvent occasion de remarquer aussi, au larynx, les vibrations d'une seule des deux cordes vocales, surtout quand celles-ci ne se trouvent pas tout à fait dans le même plan. Mais le fait que, dans le cas d'inégale tension des cordes vocales, il n'y en a le plus souvent qu'une seule qui parle, et qu'il arrive rarement d'entendre deux sons, prouve encore que les vibrations sonores partent primitivement des cordes et non de l'air.

VIII. *La tension des cordes vocales demeurant la même, il arrive quelquefois qu'au lieu de leur son fondamental on en perçoit un beaucoup plus élevé, surtout lorsqu'en vibrant elles frottent sur une partie de leur longueur.*

Ce phénomène s'explique par la formation de nœuds de vibration; un effet semblable arrive quelquefois avec les rubans en caoutchouc.

IX. *On peut produire des sons tant lorsque les cordes vocales laissent une étroite ouverture entre elles que quand elles se touchent tout à fait.*

Dans ce dernier cas, les sons se produisent surtout avec facilité lorsque les cordes vocales sont fort lâches : alors leurs vibrations sont très fortes, parce que, l'air passant avec plus de difficulté, il les chasse et les écarte l'une de l'autre avec plus de force. La même chose exactement arrive avec les languettes membraneuses en caoutchouc ; car souvent ici le son se produit lorsque les rubans sont rapprochés jusqu'au point de se toucher, et même mieux encore quand le bord de l'un repose sur l'autre, ou quand on n'emploie qu'un seul ruban, et qu'on en tend le bord sur celui d'une planchette mince en bois. L'effet est le même que dans les languettes qui ne battent pas; l'ouverture se trouve fermée de moment en moment, et le courant d'air interrompu par saccades.

X. *Les sons qui se produisent quand les cordes vocales, peu tendues, se touchent, diffèrent, pour l'éclat, de ceux qui ont lieu lorsque la glotte présente une fente étroite.*

Le son est plus fort et plus plein dans le premier cas, plus faible et plus sourd dans le second.

XI. *Quand les cordes vocales ont une longueur déterminée et une tension faible qui demeure la même, l'élévation du son ne varie pas, soit qu'elles se touchent, soit qu'elles laissent une étroite ouverture entre elles.*

XII. *On peut très bien encore produire des sons, quoique les cordes vocales soient tout à fait relâchées, pourvu que la glotte se trouve en même temps très raccourcie.*

Pour opérer ce raccourcissement, on comprime la partie postérieure de la glotte entre les deux branches d'une pince. La fente étant réduite à deux lignes, on n'en

obtient pas moins encore des sons si les cordes vocales sont détendues et qu'elles se touchent par leurs bords. Cette propriété des cordes vocales ne s'observe pas dans les lames élastiques sèches, telles que les rubans de caoutchouc, mais bien dans les rubans en tissu élastique humide, par exemple en tunique artérielle. Au reste, le tissu élastique ne perd pas, même lorsqu'il n'est point tendu, sa propriété de réagir contre le courant d'air; car celui-ci, quand le passage est très court, et que les cordes vocales se trouvent appliquées l'une contre l'autre, les distend à tel point qu'elles recouvrent la faculté de réagir en vertu de leur élasticité; de sorte que la glotte est alternativement ouverte et fermée par les vibrations à très grandes excursions. Cependant il n'est pas même nécessaire que l'élasticité des cordes vocales distendues par le courant d'air devienne assez considérable pour fermer la glotte quand elle réagit; les cordes peuvent encore vibrer sans que la glotte se ferme périodiquement, de même qu'une languette de caoutchouc faiblement tendue vibre sans revenir à la ligne droite dans ses vibrations rétrogrades.

XIII. *On peut tout aussi bien produire des sons graves avec une glotte courte, même très courte, qu'avec une glotte longue, et des sons aigus avec une glotte longue qu'avec une autre courte, pourvu, quand il s'agit des sons aigus, que les cordes vocales de la glotte longue soient plus fortement tendues, et, lorsqu'il est question des sons graves, que celles de la glotte très courte soient entièrement détendues, les lèvres de l'ouverture se touchant.*

On peut, sans rien changer à la tension, raccourcir à volonté la glotte en comprimant ses lèvres avec des pinces dans l'espace situé au-devant des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. On peut aussi détendre à volonté les cordes vocales en pressant le cartilage thyroïde d'avant en arrière. A l'aide de ces procédés, on obtient les résultats qui viennent d'être énoncés.

XIV. *Lorsque les cordes vocales vibrent en plein, depuis l'angle du cartilage thyroïde jusqu'aux apophyses antérieures, immédiatement appliquées l'une contre l'autre, des cartilages aryténoïdes, et qu'elles le font sans se toucher, avec un accroissement graduel de tension, le changement d'élévation des sons n'est pas tout à fait le même que dans les cordes et les membranes tendues à leurs deux extrémités.*

Lorsqu'on accroît la tension des cordes vocales, les sons restent la plupart du temps de quelques semi-tons ou tons entiers au-dessous de la hauteur que la théorie indique en pareil cas. Jamais ils ne deviennent plus aigus que celle-ci ne le comporte, à moins que les cordes ne soient inégalement tendues, et qu'en vibrant elles ne se touchent sur une partie de leur longueur, d'où résultent des nœuds de vibrations qui peuvent, au moment où l'on s'y attend le moins, donner lieu à des sons très élevés, par analogie avec ceux qu'on appelle sons flûtés. On sait que, dans les cordes, les sons, ou nombres de vibrations, croissent en raison directe des longueurs de ces cordes, et inverse des racines carrées des poids qui les tendent. Si, par exemple, une corde tendue par un poids de quatre loth (1) donne *ut*, elle donnera avec un poids de seize loth l'octave de cet *ut*, et avec un poids de soixante-quatre loth, sa double octave. En ayant recours à l'appareil que j'ai décrit plus haut, on peut faire des essais comparatifs sur les cordes vocales. Il est vrai qu'en

(1) Le *loth* vaut une demi-once.

ıt les poids mis dans le plateau de balance on n'obtient point généralement
:taves, mais la plupart du temps des sons qui sont d'un semi-ton, d'un ton
', d'un ton et demi, de deux tons ou de trois tons au-dessous des octaves;
dant l'analogie est toujours assez frappante, et l'on peut du moins faire voir,
oyen de ces sortes d'expériences, que les sons produits par une tension qui
suivant la proportion, 4, 16, 64, se rapprochent jusqu'à un certain point de
rie des nombres 1, 2, 4. Or, cette circonstance suffit pour prouver que les
de l'organe vocal de l'homme, en tant qu'ils naissent à la glotte et à sa limite
diate, sont analogues à ceux des cordes et des languettes membraneuses. Les
iences ne réussissent qu'autant que les cordes vocales sont tendues avec le plus
lité possible, et qu'on évite qu'elles se touchent dans des parties aliquotes de
longueur; car, ainsi que je l'ai dit, ce contact, au lieu des sons sur lesquels
mpte, en fait souvent naître qui sont beaucoup plus élevés et criards. Il est
ins larynx dont on ne peut se servir, à cause de l'impossibilité d'éviter cette
ition brusque à un autre registre lorsque la tension devient plus considérable;
neilleurs, en général, sont ceux d'individus du sexe masculin, qui ont des
s vocales plus longues. Il faut répéter souvent les expériences pour en rencon-
un qui permette d'éviter les sons criards. Je vais citer plusieurs exemples pris
larynx sur lesquels elles ont parfaitement réussi. C'est un inconvénient qu'on
nisse parvenir à tendre les cordes vocales dans une direction bien droite, au
n de poids, sans que d'autres parties opposent une certaine résistance. Lors-
n les tend en tirant sur le cartilage thyroïde, le tissu élastique compris entre
rtilage et le cricoïde oppose un obstacle d'un côté, et détourne la tension de la
tion droite; on peut bien le couper, mais l'articulation entre les deux carti-
gène encore, et, alors même qu'on enlève cette articulation, les sons qu'on
nt, en accroissant la tension, sont presque toujours, quand on veut éviter le
et, au-dessous de ceux qu'on cherche à faire sortir. Dans les expériences que
ite pour exemples, la tension eut lieu en des sens un peu différents, tantôt
nt la direction même de la longueur des cordes vocales, tantôt dans une direc-
qui s'écartait un peu en avant ou en arrière de celle-là, afin d'apprendre à
naître l'étendue des anomalies qui ont lieu dans des expériences de ce genre.
conçoit que le son fondamental des cordes vocales doit varier un peu suivant la
ction différente dans laquelle agit le cordon tendu par des poids. Un autre
nvénient tient à l'impossibilité où l'on est d'obtenir toujours un souffle d'égale
e: or, les sons deviennent plus aigus quand le souffle est plus fort. Ce qu'il y
mieux, c'est de prendre pour point de comparaison les sons que fait sortir le
fle le plus faible, ou les sons fondamentaux des cordes vocales.

1re *Expérience.* Son fondamental des cordes vocales avec tension produite par un poids de 4 loth, ut_3.

	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	ut_3	la_3	$sol\sharp_4$
2e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$ut\sharp_8$	si_8	$la\sharp_4$-la_4
3e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$sol\sharp_3$	ut_4	ut_5

4e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth.
	Sons	la_3	$ré_4$	ut_5
5e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$la\sharp_2$	$fa\sharp_3$	sol_4
6e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$la\sharp_2$	$sol\sharp_3$	sol_4
7e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$ré_3$	ut_4	la_4
8e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$ré\sharp_3$	si_3	la_4
9e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	sol_2	sol_3	sol_4

Les deux dernières octaves sont sans netteté.

Les sons ont été chaque fois déterminés par une autre personne sur un bien accordé.

XV. *Les cordes vocales isolées du larynx et tendues ne se comportent proximativement comme les cordes, avec lesquelles s'accordent les lang membraneuses vibrant sans cadre par l'effet d'un courant d'air.*

Quand on suit la méthode que j'ai indiquée plus haut pour faire produir vibrations et des sons à des rubans de caoutchouc tendus librement sans cl au moyen d'un courant d'air sortant d'un tube délié, il n'est pas difficile no d'en obtenir avec une corde vocale tout à fait isolée et tendue, en soufflant d J'enlève une corde vocale, de manière à y laisser uni en devant un lambe l'angle du cartilage thyroïde, et en arrière un lambeau du cartilage aryté L'une des extrémités est alors fixée sur une planche; à l'autre j'attache un f passe sur une poulie, et qu'on peut tirer, à l'aide de poids mis dans u teau de balance. Si alors je souffle vers le bord de la corde vocale, avec u délié, j'en obtiens le son fondamental, faible et sans éclat. Dans ce cas aus sons restent au-dessous des nombres exigés par la théorie. Une corde vocale t avec un poids de 16 loth donna $la\sharp$; en réduisant le poids à 4 loth, le son à *ré;* en replaçant le poids de 16 loth, la corde redonna $la\sharp$.

XVI. *En changeant la tension, sans modifier la direction, les sons du l peuvent changer dans l'étendue d'à peu près deux octaves; mais, si la t devient plus considérable, il se produit des sons désagréables, plus élevé flants ou criards.*

Quand il ne s'agit pas, comme dans les cas précédents, de tendre les vocales par des poids qui tirent suivant la direction des cordes elles-mêm moyen le plus facile d'opérer la tension consiste à employer celui dont la na sert pour la faire varier, c'est-à-dire abaisser le cartilage thyroïde vers le ca cricoïde, les cartilages aryténoïdes étant fixés. Le cartilage cricoïde agit alors c un levier, dont le point d'appui est son articulation latérale avec le cartila coïde. Les expériences suivantes ont été faites de cette manière. On commen fixer les cartilages aryténoïdes sur une aiguille, et à les lier ensemble, d qu'il ne reste plus que la fente comprise entre les cordes vocales. Puis attache à une étroite planchette, sur laquelle la trachée-artère est fixée. La

chette est dressée perpendiculairement sur un pied. A l'angle antérieur du cartilage thyroïde, immédiatement au-dessus de l'insertion des cordes vocales, se trouve attaché le fil, avec un petit plateau de balance pendant verticalement. Si l'on ajoute des poids, le cartilage thyroïde s'abaisse vers le cricoïde, et l'espace rempli par le ligament crico-thyroïdien moyen devient plus étroit; les cordes vocales sont tendues dans la même proportion. On imite en cela l'effet des muscles crico-thyroïdiens. Chez l'homme vivant aussi, l'espace compris entre les cartilages thyroïde et cricoïde devient de plus en plus étroit, pendant le chant, depuis le son le plus grave jusqu'au son le plus aigu; chacun peut s'en convaincre sur soi-même, en appuyant le bout du doigt sur cet intervalle. Dans les expériences dont je vais parler, un poids d'un demi-loth environ suffisait, quand le son était grave, pour l'élever d'un semi-ton; lorsque la tension était plus considérable, il fallait un poids plus fort, et finalement même jusqu'à trois loth, pour produire un changement d'un semi-ton. On conçoit que le poids agit différemment à mesure que la situation du cartilage thyroïde change; d'ailleurs, lorsque les cordes vocales restent longtemps tendues, leur élasticité subit aussi de petits changements. Je n'ai pris pour terme de comparaison que les sons appréciables produits par le plus faible souffle possible; en soufflant avec plus de force, le son s'élève. Il suit de là que la détermination du son fondamental des cordes vocales à un degré donné de tension ne saurait jamais être parfaitement rigoureuse. Cependant je crois être en droit de tenir pour certain que les erreurs qui résultent de là ne peuvent pas s'élever jusqu'à un semi-ton, puisqu'on n'admettait jamais que les sons les plus graves. Somme totale, ces erreurs se compensent. Le défaut de pureté des sons rendus par les ligaments tendus avec des poids était peu sensible à l'oreille d'un chanteur, qui les déterminait tous sur le piano. Les deux expériences furent faites l'une après l'autre sur le même larynx. L'élévation extraordinaire qui fut produite par la tension était d'autant plus remarquable que le larynx appartenait à un sujet du sexe masculin. . .

1re EXPÉRIENCE.		2e EXPÉRIENCE.		1re EXPÉRIENCE.		2e EXPÉRIENCE.	
Poids.	Sons.	Poids.	Sons.	Poids.	Sons.	Poids.	Sons.
loth.		loth.		loth.		loth.	
1/2	$la\sharp_3$	1/2	si_3	8 1/2	$ré_4$	11	mi_4
1	si_3	1	ut_3	9 7/10	$ré\sharp_4$	12	fa_4
1 1/2	ut_3	1 1/2	$ut\sharp_3$	10 7/10	mi_4	13	$fa\sharp_4$
2	$ut\sharp_3$	2	$ré_3$	11 7/10	fa_4	15	sol_4
2 1/2	$ré_3$	2 1/2	$ré\sharp_3$	13	$fa\sharp_4$	17 1/2	$sol\sharp_4$
2 8/10	$ré\sharp_3$	3	mi_3	15	sol_4	18 1/2	la_4
3	mi_3	3 1/2	fa_3	17	$sol\sharp_4$	20	$la\sharp_4$
3 1/2	fa_3	4	$fa\sharp_3$	19	la_4	22	si_4
4	$fa\sharp_3$	4 1/2	sol_3^+	22	$la\sharp_4$	26	ut_5
4 1/2	sol_3	5	$sol\sharp_3$	25	si_4	29	$ut\sharp_5$
5	$sol\sharp_3$	5 1/2	la_3	28	ut_5	32	$ré_5$
5 1/2	la_3	6	$la\sharp_3$	31	$ut\sharp_5$	37	$ré\sharp_5$
6	$la\sharp_3$	6 1/2	si_3	35	$ré_5$		Plus de son.
6 1/2	si_3	7 1/2	ut_4	37	$ré\sharp_5$		
7	si_3—ut_4	8 3/10	$ut\sharp_4$		Plus de son.		
7 1/2	ut_4	9	$ré_4$				
8	$ut\sharp_4$	10	$ré\sharp_4$				

Après la première expérience, les cordes vocales n'avaient subi qu'un changement tel qu'au lieu de *la*♯ elles donnaient *si* avec un poids d'un demi-loth.

Il suit de ces expériences qu'une force musculaire d'environ une livre peut produire les sons dans l'étendue de deux octaves.

XVII. *Lorsque la partie postérieure de la glotte est fermée, et que les cartilages aryténoïdes sont fixés, de manière que les cordes vocales soient très faiblement tendues par la seule élasticité du ligament crico-thyroïdien moyen, on peut produire des sons plus graves encore en détruisant la tension opérée par ce ligament, et relâchant tout à fait les cordes.*

Dans ce cas, on détermine une détente plus considérable encore au moyen d'un fil chargé de poids, qui part de l'angle du cartilage thyroïde en arrière, passe sur une poulie, et rapproche par conséquent ce cartilage des aryténoïdes, qui sont fixés. Ce mécanisme explique l'effet du muscle thyro-aryténoïdien. Le larynx est disposé verticalement, et on souffle par le bas, au moyen d'un tuyau recourbé. Pour ces sortes d'expériences, il faut toujours être plusieurs ; l'un souffle, un autre met les poids dans le plateau de la balance, et un troisième détermine les sons sur le piano. Dans l'exemple que je cite, le son d'où l'on partait était *ré*♯, avec une détente produite par un contre-poids de 3/10 de loth. En augmentant les poids de détente, les sons baissèrent de la manière suivante :

Sons. —	$la\sharp_3$	la_3	$ut\sharp_3$	ut_3	si_3	$la\sharp_3$	la_3	mi_2 et $sol\sharp_2$ l'un après l'autre.
Loth. —	$^3/_{10}$	$^1/_2$	1	$1\,^3/_{10}$	$1\,^4/_{10}$	$1\,^1/_2$	$1\,^7/_{10}$	$1\,^2/_{10}$

Sons. —	mi_3	$ré\sharp_3$	$ré_3$	$ut\sharp_3$	si_4
Loth. —	$2\,^4/_{10}$	$2\,^6/_{10}$	$2\,^8/_{10}$	$3\,^5/_{10}$	$3\,^8/_{10}$

De cette manière, en détendant de plus en plus les cordes vocales par une action imitant celle du muscle thyro-aryténoïdien, on atteignait les tons les plus bas de la voix de poitrine.

XVIII. *On peut, sur le larynx détaché du corps, produire deux registres tout à fait différents de sons, au moyen d'une très faible tension des cordes vocales ; savoir : des sons en général plus graves, qui ont la plus parfaite analogie avec ceux de la voix de poitrine, et d'autres en général plus aigus, et les plus aigus de tous, qui ressemblent complétement à ceux de la voix de fausset. Ces sons différents peuvent être produits par une même tension donnée. La tension restant la même, c'est quelquefois le son de la voix de poitrine qui sort, et parfois aussi celui de la voix de fausset. Lorsque les cordes vocales ont un certain degré de tension, les sons ont toujours le caractère du fausset, qu'on souffle doucement ou fort. Quand la détente est un peu considérable, ils ont celui de la voix de poitrine, quel que soit le degré de force du souffle. La tension étant très faible, c'est de la manière dont on souffle qu'il dépend que l'une ou l'autre espèce de son sorte. Les sons de fausset se produisent plus facilement quand on souffle très faiblement. Les deux espèces de sons peuvent être assez distantes l'une de l'autre, même d'une octave entière.*

Il convient, pour ces expériences, de prendre des larynx appartenant à des individus du sexe masculin. On doit toujours avoir soin de fermer la partie posté-

rieure de la glotte, et de fixer les cartilages aryténoïdes, ainsi que le larynx entier, au moyen des dispositions que j'ai indiquées plus haut. Quand les cartilages aryténoïdes sont fixés perpendiculairement, la seule tension des cordes vocales par le ligament crico-thyroïdien moyen suffit pour donner lieu aux phénomènes dont il s'agit; si l'on tend davantage par des moyens artificiels, il ne sort plus aucun son de la voix de poitrine. Liscovius a le premier découvert que les cordes vocales sont relâchées dans la voix de poitrine, et tendues dans celle de tête ou de fausset. Cependant il est possible, à un certain degré de détente, d'obtenir, en variant le souffle, des sons de poitrine aussi bien que des sons de fausset, et, pour ce qui concerne les premiers, leur élévation ne dépend pas de l'étroitesse de la glotte, mais du plus ou du moins de détente des ligaments, comme je m'en suis convaincu par de nombreuses expériences, et comme je l'ai prouvé par l'exemple cité au paragraphe XVII. La cause des sons de poitrine et de fausset tient donc à une autre circonstance encore que celle qui a été découverte par Liscovius.

XIX. *Lorsque les cordes vocales ont un si faible degré ou de tension ou de détente qu'on parvient, en variant le souffle, à leur faire produire des sons de poitrine et des sons de fausset, on peut se convaincre que ces derniers ne sont pas des sons flûtés, comme ceux auxquels donnent lieu les vibrations des parties aliquotes de la longueur d'une corde. Dans les deux cas, pendant les sons aigus du fausset et les sons graves de la voix de poitrine, les cordes vocales peuvent vibrer de toute leur longueur; on le constate par le témoignage de ses yeux. La différence essentielle des deux registres consiste en ce que les bords des cordes vocales vibrent seuls dans les sons de fausset, tandis que, dans ceux de poitrine, les cordes entières exécutent des vibrations vites et à grandes excursions.*

Lehfeldt a le premier observé ce fait. G. Weber est surtout celui qui a insisté sur la comparaison des sons de fausset avec les sons flûtés des cordes, et qui les a considérés comme devant naissance à ce que les cordes vocales vibrent avec des nœuds de vibration. On vient de voir que cette explication ne saurait être admise. Cependant la production des sons de fausset n'est pas sans analogie avec celle des sons flûtés. Ils dépendent de la division des cordes vocales dans le sens de leur largeur, c'est-à-dire des vibrations d'une partie seulement de la largeur de ces cordes, de la partie qui en forme le bord. Naturellement, un ligament qui a une certaine largeur doit être susceptible de plusieurs modes très différents de vibrations lorsqu'on souffle dessus. Tantôt c'est le bord seul qui vibre, et alors le reste de la membrane n'est que distendu par le courant d'air; tantôt la membrane entière entre en vibration. Dans les sons de fausset, où le bord mince des cordes vocales vibre, on parvient presque toujours à distinguer très bien encore la fente de la glotte, à cause du peu d'étendue des excursions; dans les sons de poitrine, les excursions sont si grandes que les deux cordes semblent se confondre ensemble. Mais ce ne sont pas seulement les cordes qui vibrent dans leur entier; la membrane avoisinante des ligaments inférieurs de la glotte, qui y tient, et que couvre la partie inférieure, la plus forte, du muscle thyro-aryténoïdien, exécute aussi, de même que ce muscle, des vibrations violentes. Les sons de poitrine deviennent d'autant plus graves qu'on rapproche davantage le cartilage thyroïde des cartilages aryténoïdes fixés perpendiculairement, comme dans l'expérience citée au paragraphe XVII, où le son le plus grave atteignit le *si*$_1$. Lorsqu'on détendait davan-

tage, l'air cessait de parler. En éloignant successivement le cartilage thyroïde d'arrière en avant, sans que néanmoins les cordes vocales soient jusqu'à un certain point plus tendues, on obtient, sur un bon larynx d'homme, une série entière de sons de basse, du moins dans l'étendue d'une octave à partir du plus grave possible. On ne peut pas élever davantage la voix de poitrine de cette manière; car elle saute à la voix de fausset, la seule qui soit possible quand les cordes vocales ont un certain degré de tension. La possibilité que les cordes vocales continuent encore, dans un pareil état de détente, de donner des sons forts, se conçoit lorsqu'on réfléchit qu'en les allongeant, le courant d'air leur rend toujours un certain degré de tension, comme il arrive aussi aux rubans de caoutchouc. Les sons de poitrine élevés n'ont jamais été très faciles à faire sortir sur un larynx détaché du corps. Le son sautant à la voix de fausset pour peu que la tension des cordes vocales augmente, il faut éviter tout accroissement de tension lorsqu'on a envie de produire des sons de poitrine plus aigus. Mais il y a deux moyens à l'aide desquels on parvient, avec une longueur et une détente données des cordes vocales, à élever encore de beaucoup le plus haut son de poitrine qui puisse être obtenu de la manière précédente. Le premier consiste à souffler plus fort, ce qui permet d'élever successivement, sans nulle difficulté, jusqu'à une quinte; les sons de poitrine plus aigus qu'on obtient ainsi sont désagréables, criards et bruyants. L'autre moyen consiste à rétrécir l'espace situé au-dessous des ligaments inférieurs de la glotte. Cet espace et ses parois sont d'une grande importance pour la théorie des sons de poitrine. On n'y a eu nul égard jusqu'à présent. La circonstance que les parois de cet espace sont, immédiatement au-dessous des ligaments inférieurs de la glotte, et dans une hauteur de quelques lignes, couvertes par une couche épaisse de chair musculaire, la partie inférieure du muscle thyro-aryténoïdien, suffit déjà pour prouver qu'il doit jouer un rôle important. On sait qu'il se rétrécit à mesure qu'il s'approche de la glotte, avec laquelle il finit par se confondre. Pour se convaincre de l'influence qu'il exerce sur le changement des sons de poitrine, on n'a qu'à prendre un larynx d'homme, enlever, par une section transversale, tout ce qui se trouve situé au-dessus des ligaments inférieurs de la glotte, fixer les cartilages aryténoïdes par le procédé que j'ai indiqué, et mettre à découvert la partie charnue du muscle thyro-aryténoïdien, sur les côtés des ligaments inférieurs de la glotte, et plus loin, vers le bas, jusqu'à la membrane interne du larynx, là où elle revêt le devant de la glotte rétréci en forme d'entonnoir. La membrane est encore élastique jusqu'à un certain point, et elle a supérieurement des connexions intimes avec le tissu des cordes vocales. Toute cette membrane de l'espace infundibuliforme antérieur de la glotte entre en vibration, dans les sons de poitrine, avec toute l'épaisseur et toute la largeur des ligaments inférieurs. Si l'on rétrécit latéralement l'entonnoir, dans sa partie évasée qui regarde vers le bas, qu'en conséquence on agrandisse la glotte dans le sens de sa profondeur de haut en bas, les sons de poitrine augmentent d'intensité, toutes choses égales d'ailleurs. C'est aussi en opérant ce rétrécissement qu'on peut, mieux que par tout autre moyen, prévenir le passage de la voix de poitrine à celle de fausset. On l'opère, sans comprimer les ligaments de la glotte eux-mêmes, au moyen de deux plaques, par exemple des manches de deux scalpels, qu'on appuie ensemble des deux côtés, à quelques lignes au-dessous des ligaments inférieurs. Un effet ana-

logue doit être produit, chez l'homme vivant, par les parties inférieures des muscles thyro-aryténoïdiens, qui sont placés, comme des espèces de lèvres musculeuses, sur les côtés de cet isthme. La théorie au moyen de laquelle on peut l'expliquer ressort des expériences sur les languettes membraneuses, expériences dans la relation desquelles j'ai fait voir qu'un bouchon enfoncé dans le porte-vent, immédiatement au-devant de la languette, et muni d'une étroite ouverture à son centre, rend le son plus élevé qu'il ne serait avec la même longueur de porte-vent, mais sans bouchon.

Le muscle thyro-aryténoïdien a encore de l'importance à un autre point de vue. Il ne se borne pas à revêtir l'isthme qui conduit à la glotte et à agir comme obturateur de ce point du porte-vent; il s'étend aussi sur la partie latérale des cordes vocales, avec les fibres externes desquelles les siennes sont intimement entrelacées, puis sur le côté du ventricule de Morgagni, de sorte qu'en se contractant, il peut peser sur les membranes qui vibrent simultanément avec les cordes vocales et sur celles-ci elles-mêmes, d'où résulte une élévation de son, comme je l'ai fait voir en parlant des languettes de caoutchouc. Enfin il peut encore changer la tension des cordes vocales, puisque ses fibres entrent dans la texture de leur pourtour extérieur, comme l'a démontré Lauth, dont j'ai trouvé les observations conformes à la vérité. Quand le muscle se contracte, une corde vocale même détendue, ainsi qu'elle doit l'être pour produire les sons graves de poitrine, devient un peu plus rigide. Cette action de sa part sur les cordes relâchées ressemble à celle que le sphincter de la bouche exerce sur la tension des lèvres chez l'homme qui sonne de la trompette. On voit que l'élasticité des lèvres de la glotte ne dépend pas seulement de la tension des cordes vocales, tant en avant qu'en arrière, mais qu'elle tient encore au degré de tension de leur pourtour musculeux. Les lèvres de la glotte ne se bornent pas aux ligaments élastiques; elles sont, de plus, ligamenteuses et élastiques en dedans, musculeuses en dehors.

On peut aussi remplacer l'action du muscle thyro-aryténoïdien par la compression latérale du cartilage thyroïde, en supposant que celui-ci ne soit point ossifié, et l'on parvient ainsi à élever les sons de poitrine, autant qu'il est possible à la voix humaine de le faire aisément. Si les cordes vocales sont détendues, on évite entièrement par là les sons de fausset.

Un larynx dont les cartilages aryténoïdes étaient fixés, et dont les cordes vocales étaient portées au plus haut point de détente par la traction d'avant en arrière du cartilage thyroïde, donnait le son de poitrine ut_2. Par une détente moindre et un souffle plus fort, on pouvait faire monter les sons de poitrine jusqu'à ut_3, c'est-à-dire de toute l'étendue d'une octave. Il n'y avait pas possibilité de dépasser ainsi cette limite. Mais, si l'on venait à comprimer latéralement le larynx à la région des cordes vocales et au-dessous de cette région, les autres sons de poitrine sortaient sans difficulté, et ils montaient d'autant plus que la compression croissait davantage. On parvenait, de cette manière, à les élever encore d'une octave, jusqu'à ut_4. Là se rencontrait une nouvelle limite infranchissable, et la compression du cartilage thyroïde était parvenue au plus haut degré. Il est digne de remarque encore que cette compression excluait totalement les sons de fausset. Il semble donc, si l'on veut considérer une compression ainsi exercée sur les cordes vocales en pesant sur les parties latérales du larynx, comme une imitation du muscle thyro-aryté-

noïdien, que c'est précisément ce muscle qui, en communiquant de la tension aux cordes vocales et rétrécissant par là l'isthme inférieur de la glotte, exclut la voix de fausset, dont les sons sont d'ailleurs possibles déjà à un degré assez marqué de gravité. Ainsi, sur le larynx précité, le premier son de fausset possible était $la_{\sharp 2}$ avant ut_2, et les autres sortaient à partir de là; cependant tous, depuis ut_3 jusqu'à ut_4, étaient exclus par la compression graduelle du larynx, et les plus hauts sons de voix de poitrine étaient encore psssibles jusqu'à ut_4, en continuant toujours d'accroître cette compression. Voici donc quelle est la théorie des sons de poitrine :

1° Les ligaments vibrent dans toute leur largeur, ainsi que les membranes qui y tiennent et le muscle thyro-aryténoïdien;

2° Les sons de poitrine les plus graves s'obtiennent lorsque la détente des cordes vocales est portée au plus haut point possible, par le mouvement d'avant en arrière du cartilage thyroïde;

3° Lorsque la détente est portée si loin, les cordes vocales sont non seulement relâchées, mais encore, dans l'état de repos, ridées et plissées; mais le souffle les distend, ce qui leur donne la tension nécessaire pour vibrer;

4° En rendant la détente moindre, et permettant au cartilage thyroïde de se porter en avant, ou à la traction du ligament crico-thyroïdien médian de céder, les sons de poitrine montent de près d'une octave;

5° Dans la situation moyenne de repos du cartilage thyroïde et des cartilages aryténoïdes, quand les cordes vocales ne sont ni tendues ni plissées, le larynx a de la disposition a produire des sons de poitrine moyens, ceux qui sortent le plus facilement, ceux entre lesquels et les plus graves prennent place les sons de la parole ordinaire;

6° La seconde octave sort déjà en collision avec les sons de fausset correspondants, mais on évite ceux-ci, et l'on fait monter les sons de poitrine jusqu'à leur dernière limite, soit en comprimant les cordes vocales sur les côtés et rétrécissant l'isthme inférieur de la glotte, au moyen du muscle thyro-aryténoïdien, soit, comme déjà auparavant, en soufflant avec plus de force;

7° Les sons de poitrine dépendent non seulement des cordes vocales, mais encore de la tension des lèvres de la glotte par le muscle thyro-aryténoïdien;

8° Dans les sons de fausset, il n'y a que la partie interne ou le bord des cordes vocales qui vibre; ces sons dépendent, quant à leur élévation, de la tension des cordes vocales.

XX. *L'épiglotte, les ligaments supérieurs de la glotte, les ventricules de Morgagni, la voûte du palais, en un mot toutes les parties situées au-devant des ligaments inférieurs de la glotte, ne sont nécessaires ni à la production des sons de poitrine ni à celle des sons de fausset* (1).

(1) Note de M. Segond : Cette proposition ne peut rigoureusement se déduire des expériences instituées par M. Mueller. On ne saurait nier l'intérêt qui s'attache aux recherches directes faites sur des larynx de cadavre, mais de telles expériences ont une signification plutôt physique que physiologique. Les conclusions de M. Mueller ne sont acceptables que tout autant qu'on les applique aux phénomènes observés par cet expérimentateur, et non aux phénomènes physiologiques du larynx. Un seul fait le détermine au fond à se prononcer sur le vrai mécanisme de la voix de fausset, c'est la *ressemblance* des sons qu'il a obtenus dans certaines conditions avec les

it les poids mis dans le plateau de balance on n'obtient point généralement
taves, mais la plupart du temps des sons qui sont d'un semi-ton, d'un ton
, d'un ton et demi, de deux tons ou de trois tons au-dessous des octaves;
laut l'analogie est toujours assez frappante, et l'on peut du moins faire voir,
yen de ces sortes d'expériences, que les sons produits par une tension qui
uivant la proportion, 4, 16, 64, se rapprochent jusqu'à un certain point de
ie des nombres 1, 2, 4. Or, cette circonstance suffit pour prouver que les
e l'organe vocal de l'homme, en tant qu'ils naissent à la glotte et à sa limite
liate, sont analogues à ceux des cordes et des languettes membraneuses. Les
ences ne réussissent qu'autant que les cordes vocales sont tendues avec le plus
ité possible, et qu'on évite qu'elles se touchent dans des parties aliquotes de
ngueur; car, ainsi que je l'ai dit, ce contact, au lieu des sons sur lesquels
mpte, en fait souvent naître qui sont beaucoup plus élevés et criards. Il est
ns larynx dont on ne peut se servir, à cause de l'impossibilité d'éviter cette
tion brusque à un autre registre lorsque la tension devient plus considérable;
eilleurs, en général, sont ceux d'individus du sexe masculin, qui ont des
s vocales plus longues. Il faut répéter souvent les expériences pour en rencon-
u qui permette d'éviter les sons criards. Je vais citer plusieurs exemples pris
larynx sur lesquels elles ont parfaitement réussi. C'est un inconvénient qu'on
isse parvenir à tendre les cordes vocales dans une direction bien droite, au
n de poids, sans que d'autres parties opposent une certaine résistance. Lors-
les tend en tirant sur le cartilage thyroïde, le tissu élastique compris entre
rtilage et le cricoïde oppose un obstacle d'un côté, et détourne la tension de la
ion droite; on peut bien le couper, mais l'articulation entre les deux carti-
gêne encore, et, alors même qu'on enlève cette articulation, les sons qu'on
it, en accroissant la tension, sont presque toujours, quand on veut éviter le
t, au-dessous de ceux qu'on cherche à faire sortir. Dans les expériences que
e pour exemples, la tension eut lieu en des sens un peu différents, tantôt
it la direction même de la longueur des cordes vocales, tantôt dans une direc-
qui s'écartait un peu en avant ou en arrière de celle-là, afin d'apprendre à
ître l'étendue des anomalies qui ont lieu dans des expériences de ce genre.
nçoit que le son fondamental des cordes vocales doit varier un peu suivant la
ion différente dans laquelle agit le cordon tendu par des poids. Un autre
vénient tient à l'impossibilité où l'on est d'obtenir toujours un souffle d'égale
: or, les sons deviennent plus aigus quand le souffle est plus fort. Ce qu'il y
mieux, c'est de prendre pour point de comparaison les sons que fait sortir le
e le plus faible, ou les sons fondamentaux des cordes vocales.

1re *Expérience.* Son fondamental des cordes vocales avec tension produite par un poids de 4 loth, ut_3.

	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	ut_3	la_3	$sol\sharp_4$
2e *Expérience:*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$ut\sharp_8$	si_8	$la\sharp_4 - la_4$
3e *Expérience.*	Tension	4 loth	16 loth	64 loth
	Sons	$sol\sharp_3$	ut_4	ut_5

cessairement pour limite celle de la force contractile des muscles. Or, Schwann assure que le maximum de la contraction des muscles ne les raccourcit que d'environ un tiers (1).

Comme la tension des cordes vocales peut être opérée simultanément en avant et en arrière par des muscles différents, et que les pièces auxquelles s'insèrent ces cordes peuvent se mouvoir en quelque sorte à la manière de leviers, les moyens sont à la vérité un peu plus forts ; cependant l'ascension des sons ne doit point tarder à rencontrer sa limite sur cette voie. La tension une fois parvenue au plus haut point, il n'y a plus que le contact accidentel des cordes vocales sur des parties aliquotes de leur longueur qui puisse produire un son plus élevé, mais aussi plus faible. J'ai cherché à mesurer la longueur des cordes vocales de l'homme et de la femme, et leur proportion dans les deux sexes. Comme on ne doit avoir égard, pour les cas possibles, qu'à la seule longueur des cordes vocales elles-mêmes, et non à la longueur entière de la glotte jusqu'à la partie inter-aryténoïdienne, je n'ai mesuré que la longueur de ces ligaments depuis leur insertion antérieure jusqu'à leur insertion postérieure à l'apophyse antérieure de la base du cartilage aryténoïde. Comme leur tension est variable, il est indispensable, pour établir des comparaisons, de se procurer une base déterminée. Je les mesure, et dans l'état de repos, et dans celui de tension extrême, par conséquent dans la plus grande longueur qu'on puisse leur donner en éloignant l'un de l'autre le cartilage thyroïde et les cartilages aryténoïdes. En général, les cordes vocales proprement dites sont, dans la plus grande tension possible, plus courtes d'un tiers chez la femme que chez l'homme ; cependant on rencontre de nombreuses variations, dont le tableau suivant donnera un aperçu. Pour comparer les larynx d'homme et de femme, je n'ai pris ces organes que sur des individus qui eussent dépassé l'âge de puberté. Une petite partie des fibres de la corde s'attache, un peu plus en arrière que l'extrémité de l'apophyse antérieure, au bord supérieur de cette apophyse, jusqu'auprès du bord antérieur du cartilage aryténoïde ; cette portion a été comprise dans les mesures, et celles-ci sont en millimètres.

	HOMMES.						FEMMES.			GARÇON DE 14 ANS.
Maximum de tension	21	21	25	26	23	23	16	15	16	14,5
Repos.	18	26		21	19		12	12	14	10,5

Longueur moyenne des cordes vocales pendant le repos ; chez l'homme 18 1/4, chez la femme 12 2/3.

Longueur moyenne au maximum de tension ; chez l'homme 23 1/6 millimètres, chez la femme 15 2/3.

(1) Le faible degré de raccourcissement dont les muscles sont susceptibles a rendu nécessaire que, chez l'homme, ces organes s'insérassent partout à peu de distance du point d'appui du levier. Il y aurait économie de force à ce qu'ils fussent insérés plus loin ; mais l'étendue du mouvement diminuerait à cause du peu de raccourcissement des muscles, et le biceps, par exemple, ne pourrait plus appliquer l'avant-bras au bras, comme lui permet de le faire, malgré le peu d'étendue de son raccourcissement, son insertion au voisinage du point d'appui.

Les longueurs des cordes vocales de l'homme et de la femme sont donc à peu près dans la proportion des 3 : 2, tant pendant le repos qu'au maximum de tension. Mais l'allongement que ces cordes sont susceptibles d'acquérir, au delà de leur longueur ordinaire, par l'effet de la tension, est d'un peu moins de 5 millimètres chez l'homme, et de 3 chez la femme.

Des mesures de ces deux états des cordes vocales prises sur des larynx de basses-tailles, de ténors, d'altos, de sopranos, et de castrats, après leur mort, seraient du plus grand intérêt pour la physiologie; mais il faudrait les prendre concurremment avec d'autres sur des larynx ordinaires, afin que les points de comparaison demeurassent les mêmes ; car, lorsqu'on mesure, par exemple, les cordes vocales depuis leur commencement en devant jusqu'à la pointe saillante de l'apophyse antérieure des cartilages aryténoïdes, les quantités sont toujours un peu plus petites que celles qui viennent d'être énoncées.

XXII. *A tension égale des cordes par un poids, la force plus grande du souffle élève le son jusqu'à près d'une quinte, et même plus.*

Tous les semi-tons sortent alors avec facilité. Si, par exemple, on part de sol_2, indiqué comme son fondamental des cordes vocales, quand on souffle aussi doucement que possible, on peut produire, en accroissant graduellement le souffle, sol_2, $sol\sharp_2$, lo_2, $la\sharp_2$, si_2, ut_3, $ut\sharp_3$. Si alors on augmente tellement la tension par des poids que le larynx donne, avec le souffle le plus faible possible, l'octave de sol_2, ou sol_3, le son, au moyen de l'accroissement successif du souffle, monte jusqu'à mi_4 par semi-tons assez purs. Dans une autre expérience, le son, par un souffle plus fort, monta successivement de $ré\sharp_2$ à la_2. Cette ascension a été observée aussi par Liscovius. Ferrein la connaissait déjà (1) ; mais il l'évaluait trop bas, en la réduisant à un semi-ton ou à un ton entier. A ce point de vue, l'organe vocal ressemble parfaitement à un larynx artificiel préparé avec des rubans membraneux. A la vérité, comme je l'ai déjà fait remarquer, quand on opère sur des rubans secs en caoutchouc, et qu'on augmente la force du souffle, le son fondamental ne monte que de quelques semi-tons; mais avec des languettes élastiques humides du même tissu que les cordes vocales, celles, par exemple, qu'on tire de la carotide primitive de l'homme, on parvient aussi, en accroissant successivement la force du souffle, à l'élever, de semi-ton en semi-ton, jusqu'à une quinte. Il suit de là qu'on peut employer deux procédés pour faire sortir un seul et même son x d'un larynx humain ; le premier consiste à souffler doucement et tranquillement, cas dans lequel les cordes vocales doivent avoir une longueur et une tension y telles que leur son fondamental soit le son x qu'on cherche; l'autre consiste, les cordes vocales ayant la longueur et la tension voulues pour produire un son fondamental plus grave dans les limites de l'octave immédiatement au-dessous, à leur faire rendre le son plus élevé x par la force qu'on donne au souffle. Les deux sons diffèrent beaucoup l'un de l'autre quant à l'éclat. Celui qu'on forme en soufflant doucement est bien plus plein que celui qu'on obtient en soufflant plus fort avec une tension primitive moindre; la production de ce dernier exige plus ou moins d'efforts selon le plus ou moins de tension primitive des cordes vocales; il a quelque chose de criard, et présente d'autant moins d'éclat

(1) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1741, p. 431.

que la tension primitive des cordes vocales s'éloigne davantage de la tension primitive nécessaire à la formation du son x. A-t-on atteint le maximum de tension auquel les cordes vocales donnent le son le plus aigu possible par un souffle tranquille, on peut encore, en soufflant plus fort, faire sortir quelques autres sons plus aigus, mais criards. L'épreuve sur nous-mêmes nous l'apprend aussi, et l'on voit par là combien les expériences sur le larynx des cadavres peuvent répandre de jour sur la théorie de la voix humaine.

XXIII. *Quand on inspire l'air, au lieu de l'expirer, les cordes vocales ayant un degré déterminé de tension, le son ne sort point en général; quelquefois seulement il s'en produit un criard et un peu plus grave.*

Comparez à cet égard ce que j'ai dit des languettes en caoutchouc.

XXIV. *Lorsqu'on touche la partie extérieure des cordes vocales, elles donnent des sons plus aigus, absolument de même que les languettes en caoutchouc du larynx artificiel.*

XXV. *La longueur du porte-vent et du corps de tuyau n'exerce pas une influence aussi sensible sur le son des cordes vocales que sur celui des anches en caoutchouc.*

Magendie présume que, d'après l'analogie des anches de Grenié, la longueur du porte-vent du larynx humain, c'est-à-dire celle de la trachée-artère, influe sur les modifications du son. Les expériences avec le larynx artificiel à bandes de caoutchouc et celles avec le larynx lui-même ne s'accordent pas très bien ensemble sous ce rapport, et celles avec le larynx véritable me déterminent à dire que la longueur de la trachée-artère, qui d'ailleurs varie peu, n'exerce aucune influence sur l'élévation des sons.

En ajoutant au porte-vent diverses allonges, de petites et de grandes dimensions, et cherchant à rendre le souffle aussi semblable que possible pour la production du son fondamental d'une tension donnée, je n'ai pu parvenir à abaisser le son d'une manière sensible, quoique cet effet ait lieu ordinairement avec beaucoup de facilité quand on emploie des rubans de caoutchouc, et même des tuniques d'artère. Dans beaucoup de cas, l'allongement et le raccourcissement du porte-vent n'ont paru influer en rien sur le son ; dans d'autres, l'allongement du porte-vent a déterminé, la force du souffle étant la même, un abaissement d'un semi-ton, très rarement d'un ton entier. De même, lorsqu'avec un porte-vent de longueur déterminée j'ajoutais un corps de tuyau au-devant des ligaments inférieurs de la glotte, je n'observais non plus qu'une faible influence de la part de celui-ci. Ces dernières expériences sont beaucoup plus difficiles à exécuter que celles dans lesquelles on allonge le porte-vent, parce qu'on a de la peine à attacher un corps de tuyau au-devant des cordes vocales, et parce que, lors même qu'on y réussit, il devient difficile de donner à ces cordes une tension déterminée. Voici comment on arrive au but. On commence par attacher ensemble les extrémités postérieures des cordes vocales, au moyen d'un fil passé immédiatement au-devant des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes : c'est le moyen d'assurer l'embouchure. Les bouts de la ligature sont dirigés en arrière, au-dessus de la paroi musculo-membraneuse située entre les cartilages aryténoïdes. L'épiglotte, les ligaments ary-épiglottiques, les cartilages de Santorini et la paroi membraneuse située entre les cartilages aryténoïdes doivent être ménagés ici, parce qu'ils servent à fixer un

uyau de six à huit lignes de diamètre ; mais on enlève le bord supérieur du carti-ge thyroïde, pour rendre plus facile la fixation de ce tuyau, auquel on en peut nsuite ajouter d'autres de même calibre. On fixe alors le larynx, on rapproche s cartilages aryténoïdes l'un de l'autre par une ligature, et l'on imprime une ension déterminée aux cordes vocales à l'aide du cordon, sortant par une très etite ouverture, qui lie la partie postérieure de ces cordes. Quand on souffle, 'ouverture par laquelle le cordon sort, en arrière, de la cavité du larynx, se trouve bouchée. Ces expériences, qui sont, je le répète, des plus difficiles à exécuter, m'ont laissé convaincu, après de nombreuses répétitions, que la longueur du corps de tuyau n'a pas d'influence sur le son des cordes vocales. L'abaissement, possible dans quelques cas rares, ne dépassait point un semi-ton ; bien plus rarement était-il d'un ton entier : la plupart du temps, il n'y avait pas de changement appréciable.

Il paraît y avoir là une différence entre le larynx naturel et le larynx artificiel. Dans ce dernier, soit qu'on emploie des rubans en caoutchouc, soit qu'on se serve de tuniques artérielles humides, l'allongement du corps de tuyau détermine un abaissement du son dont j'ai fait connaître les limites. Cependant la différence n'est point absolue ; car il arrivait quelquefois, surtout quand le son sortait difficilement, parce que les ligaments étaient trop lâches ou trop tendus, que ceux-ci n'abaissaient point le son, ou ne l'abaissaient que d'une manière très peu sensible lorsque j'allongeais ou le corps du tuyau ou le porte-vent. J'ai tenté plusieurs expériences pour découvrir la cause à laquelle cette différence peut tenir. L'explication la plus vraisemblable me semble être celle-ci. Dans le larynx, quand les cordes vocales ont un certain degré de tension, il ne s'agit que de leurs vibrations propres, puisque la membrane qui unit leur pourtour avec les parois du larynx n'est point tendue. Mais, dans les larynx artificiels à languettes en caoutchouc ou en tunique artérielle, outre qu'il y a tension de celles-ci en deux directions sur leur bord, la portion moins tendue influe sur les vibrations de ce bord, comme on peut s'en convaincre en posant légèrement le doigt dessus. Au moyen de cette plus grande largeur et de cette continuité entre la portion tendue et la portion non tendue de la membrane élastique, celle-ci est plus susceptible d'éprouver, dans ses vibrations et les sons qu'elle rend, des modifications dépendantes de la longueur du corps de tuyau et du porte-vent, que les cordes vocales, dont les vibrations primitives demeurent, en grande partie, bornées à elles-mêmes.

J'avais pensé que l'extensibilité du porte-vent, qui est pour la glotte le conduit érien, pourrait être cause du peu d'influence des corps du tuyau. Cette conjecture ne s'est cependant point vérifiée ; car, quand je remplaçais la trachée-artère par u tuyau en bois, je n'obtenais pas de changements plus considérables du son en joutant des corps de tuyau. Toutefois les membranes situées entre les cartilages u larynx ont, par la distension que le vent leur fait éprouver, quelque part à ette différence entre le larynx naturel et le larynx artificiel, dont les parois sont bsolument rigides.

Dans les expériences ayant trait à l'influence des corps de tuyau sur le son des ordes vocales du larynx lui-même, il m'a semblé qu'à une longueur déterminée u porte-vent, le son sortait moins bien qu'à d'autres, ce qu'on remarque aussi

dans les anches en caoutchouc. C'est à cela qu'il tient que la colonne d'air ne puisse pas bien s'accommoder aux anches. Wheatstone a déjà signalé cette circonstance dans d'autres anches, et Bishop accorde beaucoup d'importance à l'accommodation réciproque des colonnes d'air en avant et en arrière des cordes vocales pendant la vie. Cette influence a cependant été très faible dans mes expériences, et je ne l'ai observée que quelquefois parmi un grand nombre de cas, en sorte que je ne puis pas lui accorder l'influence sur l'organe de la voix humaine que Bishop lui attribue. Au contraire, il apparaît clairement que, dans les changements des sons, chez l'homme, on doit fort peu compter sur le raccourcissement et l'allongement tant de la trachée-artère que de l'espace situé au-devant des cordes vocales par les mouvements de descente et d'élévation du larynx. Tout au plus peut-on admettre que l'allongement du tuyau placé au-devant des cordes vocales par la descente du larynx, et son raccourcissement par l'ascension de cet organe, facilitent, toutes choses égales d'ailleurs, dans le premier cas la formation des sons graves, et dans le second celle des sons aigus, ce qui du moins est confirmé par ce qu'on observe sur l'homme vivant.

XXVI. *La structure en partie membraneuse du porte-vent, c'est-à dire de la trachée-artère, ne modifie pas sensiblement le son des cordes vocales, et la trachée-artère se comporte comme le ferait un tuyau en bois de même diamètre.*

A cet égard, les anches à languettes membraneuses et à porte-vent en partie membraneux se comportent tout autrement que les anches membraneuses à colonne d'air vibrante, dans lesquelles, d'après les découvertes de Savart, la covibration des parois membraneuses modifie considérablement les vibrations principales de la colonne d'air. Cette influence va si loin ici, qu'une anche en carton mouillé mince peut abaisser le son de toute une octave au-dessous de celui que donne une anche d'égale longueur, mais à parois rigides. Dans les anches très courtes et cubiques, l'abaissement est plus considérable encore, et peut aller à deux octaves entières. Je fabriquai un porte-vent long de sept pouces et demi, avec trois pouces de trachée-artère d'homme et quatre pouces et demi de tuyau en bois : le son d'une languette en caoutchouc soufflé avec ce tube fut le même que celui qui était produit par un porte-vent rigide d'égale longueur. L'apposition de la main sur la partie membraneuse de la trachée-artère n'exerce pas non plus d'influence appréciable.

XXVII. *Le double corps de tuyau ajouté à l'organe vocal de l'homme, savoir, le tube buccal et le tube nasal, ne paraît pas agir autrement qu'un corps de tuyau simple, quant à l'élévation du son, mais il change l'éclat de ce dernier, par l'effet de la résonnance.*

J'ai cherché à déterminer cette influence sur un larynx artificiel à rubans de caoutchouc, qui se terminait par un corps de tuyau court auquel on pouvait adapter un tube bifurqué. Le son était le même, pour l'élévation, qu'avec un corps de tuyau simple de même longueur ; mais il était plus éclatant.

XXVIII. *Lorsqu'on couvre la cavité supérieure du larynx en déprimant l'épiglotte, le son devient un peu plus grave et en même temps plus sourd.*

C'est un effet analogue à celui que l'on produit en couvrant un corps de tuyau court adapté au larynx artificiel. Nous nous servons évidemment de ce moyen pour produire des sons très graves. C'est du moins le but que paraît avoir le mou-

ement d'abaissement et de rétraction qu'on donne à la langue, en penchant la tête n avant, lorsqu'on veut produire des sons de basse-taille très graves.

XXIX. *Du reste, l'épiglotte semble ne servir en rien à modifier les sons.*

J'attachai une épiglotte humaine au pourtour d'un corps de tuyau, un peu au-evant de la lame en caoutchouc d'un larynx artificiel, en l'établissant à peu près la même distance de la glotte que dans le larynx naturel. Le son que j'obtins en ouffiant ne différait pas de celui qui avait lieu quand j'enlevais l'épiglotte ; cepen-lant il fallait que celle-ci pût vibrer, car, dès qu'elle était attachée de manière à gir comme obturateur, le résultat était le même qu'avec tout autre bouchon quel-onque. Grenié a cherché à empêcher le son de monter dans les anches à languette métallique, en mettant au-dessus de celle-ci une petite lamelle vibratile fixée seu-ement par sa base ; Biot et Magendie présument que l'épiglotte remplit la même onction. Les expériences directes que j'ai faites et celles de Longet (1) ne parlent point en faveur de cette hypothèse. Toutes choses égales d'ailleurs, le souffle peut élever successivement le son jusqu'à la limite d'une quinte, que l'épiglotte existe ou non. En mettant le doigt dans sa gorge jusqu'au bord supérieur de l'épiglotte, on peut se convaincre que celle-ci ne change pas de position, qu'on fasse sortir le son avec la voix de fausset ou avec celle de poitrine.

XXX. *Les piliers du voile du palais et la luette se raccourcissent dans les sons de poitrine élevés, comme dans les sons de fausset, et, le son restant le même quant à l'élévation, l'isthme du gosier conserve le même degré d'étroitesse, que ce son appartienne à la voix de poitrine ou à la voix de fausset. On peut aussi, dans les deux cas, toucher les piliers du voile du palais avec les doigts sans que le son change.*

Rien n'est plus facile que de se convaincre de tous ces faits en introduisant le doigt dans la bouche, sur le côté, jusqu'à l'isthme du gosier. Ils réfutent l'opinion de Bennati, qui croyait que les piliers du voile du palais prennent part à la formation des sons de la voix de fausset, ou les produisent. Le simple fait du rétrécissement de l'isthme du gosier dans les sons élevés a été observé d'abord par Fabrice d'Aquapendente, puis, dans les temps modernes, par Mayer, Bennati et Dzondi.

XXXI. *Le rétrécissement du commencement du corps de tuyau ou de la cavité supérieure du larynx, immédiatement au-devant des ligaments inférieurs de la glotte, peut, d'après la théorie des anches, élever un peu le son.*

Cependant on ne saurait en donner la démonstration par des expériences, attendu qu'il n'est guère possible de comprimer la cavité laryngienne supérieure sur un larynx détaché du corps, sans exercer quelque action sur les cordes vocales. Un simple rétrécissement n'a pas d'influence sensible.

XXXII. *Les ventricules de Morgagni ne servent évidemment qu'à rendre les cordes vocales libres en dedans, afin que leurs vibrations ne soient pas gênées.*

Cet usage leur a déjà été assigné par plusieurs écrivains, tels que Malgaigne, Ch. Bell et autres. Malgaigne compare les ventricules de Morgagni au godet de l'embouchure de la trompette, qui met les lèvres en liberté.

(1) *Rech. exp. sur les fonct. de l'épiglotte*, dans *Archiv. génér.* Paris, 1841.

Conclusions générales.

Des expériences faites sur le larynx artificiel à languettes membraneuses, et de celles sur le larynx humain lui-même, dont les résultats s'accordent parfaitement ensemble, quant aux points essentiels, il suit que l'organe vocal de l'homme est une anche à deux lèvres membraneuses. Telle est l'opinion de plusieurs physiciens, comme Biot, Cagniard-Latour, Muncke, de musiciens théoriciens comme G. Weber, et de quelques physiologistes, comme Magendie, Malgaigne, etc. Ferrein en avait déjà préparé les bases, en 1741, par ses expériences sur les sons que produisent les cordes vocales, et sur les modifications que les diversités de longueur et de tension de celles-ci leur font subir. Savart lui-même, qui attaqua la comparaison de l'organe vocal avec une anche, convint que, lorqu'on fait sortir des sons en soufflant dans la trachée-artère dont toute la partie antérieure a été retranchée jusqu'aux ligaments inférieurs de la glotte, ils sont produits de la même manière que ceux des anches. A la vérité, il regardait les sons des anches comme ne ressemblant pas à ceux de la voix humaine ; mais, en suivant la méthode que j'ai employée, il m'a été impossible de trouver entre eux aucune différence essentielle ; j'obtiens les sons de poitrine et ceux de fausset, avec tout l'éclat dont ils sont susceptibles, en réunissant les conditions que j'ai fait connaître, et ce qu'il y a de différent peut dépendre du corps de tuyau ajouté à l'organe vocal. Savart pensait que le corps à proprement parler sonore est l'air des ventricules compris entre les ligaments supérieurs et inférieurs de la glotte, et il comparait cet appareil à l'appeau des oiseleurs, petite anche à colonne d'air vibrante. Cependant l'appareil élastique des ligaments inférieurs de la glotte et les moyens d'organisation employés pour amener leur tension sont trop évidemment calculés dans la vue d'un instrument à anche, pour qu'on puisse attacher une grande valeur à cette objection d'un homme qui a d'ailleurs rendu de si grands services à l'acoustique. En outre, la différence de tension ne modifie pas moins les sons dans les larynx auxquels on a laissé les ventricules latéraux et les ligaments antérieurs de la glotte, que dans ceux où l'on a enlevé ces parties jusqu'aux ligaments inférieurs de la glotte. Les mammifères auquels manquent les ligaments supérieurs de la glotte, les ruminants, s'élèvent d'ailleurs contre la théorie de Savart. Tout l'appareil situé au-devant des ligaments inférieurs peut bien avoir quelque influence sur la modification du son, comme le corps de tuyau ajouté à l'embouchure des instruments à anche, et cela plutôt par le rétrécissement de la cavité supérieure du larynx que par la longueur du tuyau ; cette partie antérieure du larynx peut aussi avoir, dans l'organe vocal de l'homme, une disposition particulière que nous ne saurions procurer au corps de tuyau d'une anche ; mais la cause principale du son n'en demeure pas moins la vibration des ligaments inférieurs de la glotte eux-mêmes, et les sons naissent aussi simplement de ces membranes élastiques que du sphincter de l'anus, où la tension par la contraction musculaire remplace l'élasticité propre des cordes vocales.

Fechner objecte que, si l'organe vocal était une anche, il devrait ne pas se produire de sons pendant l'ouverture de la glotte ; d'après la théorie des anches, les sons ne devraient dépendre que des alternatives d'ouverture et de fermeture de la

glotte en vertu de l'interruption périodique du courant d'air; mais les cordes vocales peuvent très bien vibrer sans clore périodiquement la glotte; donc la production des sons est réellement indépendante de cette occlusion. Cependant j'ai démontré que cette théorie de la production des sons par les anches n'est point aussi exacte qu'on l'admet généralement; car il suffit de simples courants d'air passant au-devant de languettes minces pour produire des sons pareils, quant au degré et à l'éclat, à ceux qui ont lieu quand les languettes agissent comme des valvules; d'ailleurs il y a une position de la languette, soit métallique, soit membraneuse, qui fait qu'elle ne se meut plus comme valvule, mais vibre librement au-devant de l'ouverture, par l'effet de la force du courant d'air, lorsque celui-ci a une force suffisante pour rechasser la languette avant qu'elle ait pu clore l'ouverture. Enfin, il est souvent possible, sur le larynx artificiel à rubans de caoutchouc, de faire sortir encore des sons, quoique les lèvres de l'anche laissent entre elles une fente considérable.

Quant à la comparaison des ligaments de la glotte avec des cordes, elle est exacte à certains points de vue, mais manque de justesse à d'autres égards. Les expériences de Ferrein qui établissent cette analogie sont du nombre des meilleures qu'on ait jamais faites. Ferrein a montré que les ligaments de la glotte résonnent à la manière des cordes que l'air fait parler, et que les sons qu'ils produisent ne varient point en raison de la largeur diverse de la glotte. La moitié des cordes vocales lui donnait l'octave de leur son fondamental, et le tiers leur quinte. Enfin, il a trouvé qu'un changement de deux à trois lignes dans la longueur de ces ligaments suffisait à toutes les variations de la hauteur du son, la tension remplaçant ici ce que la diversité de longueur opère sur les cordes tendues également. Quoique ces expériences aient été attaquées par Bertin, elles furent trouvées exactes par Montagnat, Runge et Nollet (1). En effet, celles que j'ai faites sur le larynx artificiel s'accordent parfaitement avec elles. La moitié d'une languette de caoutchouc donnait l'octave du son fondamental; et les expériences avec la tension des cordes vocales soumises à la mensuration ont fait voir qu'en général ces languettes changent leurs vibrations d'après les mêmes lois, à très peu près, que les cordes. Je ne puis me ranger à l'avis de Biot, quand il dit : « Qu'y a-t-il dans la glotte qui ressemble » à une corde vibrante? Où trouverait-on la place nécessaire pour donner à cette » corde la longueur qu'exigent les sons les plus graves? Comment pourrait-on en » tirer jamais des sons d'un volume comparable à ceux que l'homme produit? Les » plus simples notions d'acoustique suffisent pour faire rejeter cette étrange opi» nion (2). » Il est facile de réfuter l'objection de Biot. Toute languette membraneuse vibre d'après les lois des cordes, comme toute languette métallique d'après celles des verges. Une corde, à quelque degré qu'on la raccourcît, pourrait produire des sons graves si l'état de détente où elle doit être permettait qu'elle eût encore de l'élasticité. Mais les membranes élastiques et les rubans de caoutchouc ont encore ce degré d'élasticité lorsqu'ils sont très détendus, et nous avons vu qu'en se raccourcissant, ces courts rubans changent leurs sons, comme les cordes, en raison inverse de la longueur. De petites lamelles de caoutchouc tendues don-

(1) Haller, *Element. physiol.*, t. III, lib. IX, §§ 8, 9, 10.
(2) *Loc. cit.*, t. I, p. 470.

[illegible] les sons clairs, quoique ceux-ci ne soient pas sou[illegible] ongues ; mais le choc continu de l'air, en soufflant, [illegible] une lamelle qui vibre comme corde par simple per[illegible] anche. A ce point de vue donc, les ligaments de la [illegible] cordes, et la seule différence consiste dans le [illegible]. Jusqu'ici la comparaison établie par Ferrein est parfaite[illegible]

[illegible]. les cordes vocales diffèrent totalement des cordes [illegible] différence est assez grande pour leur assigner, ainsi qu'aux [illegible], une place particulière parmi les instruments de mu[illegible]. Une tension plus forte rend le son d'une corde plus grave ; la force plus [illegible] aigu. au contraire, le son d'une languette membraneuse d'un [illegible] aigu, ou plus, et, quand les languettes membraneuses élastiques sont [illegible] cordes et rubans de tunique artérielle), l'élévation va même jus[illegible] nombre de semi-tons. L'anche métallique d'une trompette d'enfant [illegible]. quand on souffle avec plus de force, des sons plus aigus, dont [illegible] jusqu'à une octave et demie sans intervalles, et, si d'autres anches [illegible] ne se comportent pas de la même manière, il n'en faut chercher [illegible] que dans leur force comparée à celle du courant d'air. Ainsi, dans une [illegible], l'élévation du son dépend à la fois et de l'anche et de l'air qui la choque. [illegible] une corde a reçu une impulsion, celle-ci n'exerce plus d'ac[illegible] modifiante sur les vibrations ; la corde est abandonnée aux seules [illegible] qui dépendent de sa longueur et de sa tension.

[illegible] parmi lesquels on compte Dodart et Liscovius, ont cher[illegible] de la voix dans la largeur ou l'étroitesse de la glotte et dans [illegible] produites en cet endroit.

[illegible] connaît bien l'influence que la tension des cordes vocales exerce [illegible] du son, cependant il finit par ne plus attribuer la production [illegible] qu'à la grandeur de l'ouverture, admettant que, selon leur de[illegible], les cordes vocales déterminent, par les vibrations que l'air leur [illegible], une ouverture différente de la glotte. Il disait qu'un changement, dans [illegible] d'un fil de soie, ou de 1/384 de cheveu, donne déjà un autre [illegible] est absolument inexacte ; car, pourvu que la tension des [illegible] reste la même, un changement, même notable, de l'ampleur de la [illegible] ne doit pas varier l'élévation du son.

[illegible] de Liscovius, voici en quoi elle consiste. C'est de la glotte [illegible] différente largeur que dépendent principalement et la produc[illegible] un caractère divers d'acuité ou de gravité. En passant avec une [illegible] rapidité à travers cette ouverture étroite, l'air éprouve [illegible] ébranlement tels que toutes ses molécules subissent un [illegible]. Quelque chose d'analogue arrive toutes les fois que l'air [illegible] une ouverture étroite quelconque. Plus l'ouverture de la glotte est grande, [illegible] parce qu'il résulte de là des ondes aériennes plus grandes et [illegible] vites.

[illegible] contre la production du son par les cordes vocales [illegible]. Suivant lui, les cordes vocales doivent être tendues

ns les sons graves, et relâchées dans les sons aigus; car, dans les sons graves, la tte s'élargit et ses ligaments s'écartent; mais, dès qu'une ouverture devient plus nde, sans que son pourtour se déchire, les bords doivent nécessairement subir e distension. Ainsi il n'y pas de dilatation de la glotte possible sans tension si-ultanée des cordes vocales; par conséquent celles-ci sont tendues dans les sons ves, et relâchées dans les sons aigus. Ceci repose évidemment sur un malen-du. Lorsqu'au moyen de l'appareil que j'ai décrit précédemment, on donne e tension déterminée aux cordes vocales, on peut, sans rien changer à cette sion, varier à volonté la largeur de la glotte. Cette ouverture peut être ou large étroite, que les cordes vocales soient tendues ou soient relâchées. Liscovius fait suite remarquer qu'il n'y a que les cordes sèches qui soient élastiques, et que s ligaments de la glotte sont toujours humides. Mais la corde n'est qu'une espèce rmi les corps filiformes élastiques par tension; cette espèce perd son élasticité and on la mouille. Au contraire, le tissu élastique du corps humain ne possède a élasticité qu'autant qu'il est humide, et il la perd en séchant. Ce sont là des fférences spécifiques, qui ne changent rien aux lois des corps filiformes élastiques r tension.

L'objection que les cordes vocales, en leur qualité de cordes, ne pourraient pro-ire ni des sons graves ni des sons d'un volume comparable à ceux que l'homme it entendre, a déjà été renversée précédemment. Dans les discussions qu'a sou-vées la comparaison établie entre les cordes vocales et les cordes, les partisans et s adversaires se sont beaucoup trop attachés à la considération des corps filiformes lastiques par tension, et ils ont été par là conduits à mal interpréter les phéno-ènes. Qu'aux cordes à boyau on substitue des fils plus-élastiques de caoutchouc u de tissu élastique animal, et l'on voit disparaître les particularités accidentelles ue nous offrent les cordes à boyau.

Liscovius fait remarquer qu'il n'y pas de corde à laquelle l'air seul puisse mprimer des ébranlements suffisants pour qu'elle produise des sons forts. Mais les ons les plus forts s'obtiennent avec des rubans de caoutchouc ou de tissu animal lastique humide sur lesquels on dirige un courant d'air grêle à l'aide d'un petit ube.

Liscovius prétend que l'influence de la tension et du relâchement des cordes ocales sur l'acuité ou la gravité du son se réduit à l'élargissement de la glotte qui ésulte de là. A cela je dois opposer l'observation, constamment faite par moi, qu'à gale ampleur de la glotte, des sons peuvent être produits, dans l'étendue de deux ctaves, par une simple modification de la tension des cordes vocales.

Lorsque Liscovius, en soufflant dans la glotte, tendait l'un des ligaments avec rce, en même temps qu'il relâchait l'autre beaucoup, il ne produisait pas deux ns différents, mais un son unique, dont l'élévation était en rapport avec la lar-eur de l'ouverture de la glotte. La première observation est parfaitement exacte. lais, en cela, les cordes vocales se comportent absolument comme des rubans ten-us de caoutchouc. J'ai fait voir que, quand la tension est inégale, il n'y a ordi-airement qu'une seule corde qui résonne, l'autre se comportant comme cadre; est rare qu'on entende deux sons, c'est-à-dire le son fondamental de chacun des eux rubans, et les choses se passent de même avec les cordes vocales.

Quand Liscovius touchait les cordes vocales avec le doigt, mais sans changer par

là l'ampleur de la glotte, le son demeurait le même, bien qu'il eût dû être plus aigu si les lois des cordes s'appliquaient ici. Mes observations sur les rubans de caoutchouc, d'accord avec celles que j'ai faites sur les cordes vocales, m'ont prouvé que l'apposition du doigt modifie considérablement le son, alors même que la grandeur de la glotte ne change point.

Le simple rétrécissement de la glotte, sans changement dans la tension des cordes vocales, rend le son plus aigu ; son simple élargissement, la tension des cordes demeurant la même, le rend plus grave. Mais l'élévation du son ne dépend pas uniquement de la largeur de la glotte seule ; elle tient à son ampleur, c'est-à-dire à sa longueur et à sa largeur en même temps. Je trouve qu'on peut encore produire les sons graves avec une glotte très courte, pourvu que les cordes soient tout à fait lâches ; le raccourcissement de la glotte d'avant en arrière fait bien, généralement parlant, monter le son, mais à la condition toutefois que la tension demeure la même. La largeur de la glotte n'a pas d'influence essentielle sur l'élévation du son, si ce n'est seulement qu'elle rend plus difficile de souffler convenablement par la trachée-artère. Aussi, dans ce cas, non seulement le son sort avec peine et n'a point d'éclat, mais encore, si la largeur de l'ouverture est portée un peu loin, on n'obtient que le son fondamental des cordes vocales, et l'accroissement du souffle n'élève le son que fort peu, tandis que, quand la glotte est étroite, la tension demeurant la même, outre qu'un souffle faible fait sortir le son fondamental, on peut, en soufflant plus fort, obtenir aussi tous les semi-tons jusqu'au delà de la quinte.

L'influence de la force du souffle sur l'élévation du son a été parfaitement observée par Liscovius et Lehfeldt. Liscovius avait déjà vu qu'à égalité de largeur de la glotte et de tension des cordes vocales, le son est d'autant plus grave qu'on souffle plus doucement, et d'autant plus aigu qu'on souffle plus fort. Ainsi il est parvenu, par le seul renforcement du souffle, à faire monter le son d'une quinte entière, terme au delà duquel il devenait criard, ce qui s'accorde parfaitement avec mes observations.

Lehfeldt (1) a le premier découvert un point capital dans la théorie des sons de poitrine et des sons de fausset, savoir : que les ligaments entiers vibrent dans le premier cas, et leurs bords seulement dans le second, et que, toutes choses égales d'ailleurs, les sons de fausset sont plus aigus que ceux de poitrine.

Ferrein, Liscovius et Lehfeldt sont jusqu'à présent ceux qui ont le plus contribué à éclairer la théorie de la voix.

Chant.

Les sons que l'organe de la voix est apte à produire peuvent se succéder de trois manières différentes.

Le premier mode est la succession monotone. Ici les sons qui sortent les uns après les autres conservent presque la même élévation : c'est ce qui a lieu dans la parole, où l'articulation produite par les parties de la bouche s'ajoute au son de la voix et engendre les différences. Cependant il est assez rare, même dans la pa-

(1) *De vocis formatione*. Berlin, 1833, p. 51, 58, 59.

role, que les sons demeurent tous au même degré d'élévation, car il y a des syllabes dont le son est plus grave ou plus aigu, ce qui constitue l'accent. Dans la poésie, le rhythme se joint à l'accent, mais il y manque la modulation de la musique.

Le second mode est le passage successif à des sons qui montent et baissent sans intervalles. Cet effet a lieu dans les cris de l'homme, lorsqu'ils expriment une émotion de l'âme; on l'observe particulièrement chez les personnes qui pleurent (1) : il constitue aussi le hurlement et le cri plaintif du chien. C'est le même phénomène que celui qu'on désigne en musique sous le nom de détonner, qui consiste à ne point observer la justesse des intervalles. Une corde détonne quand on la détend et quand on la tend trop en la faisant parler; une anche de deux pouces donne des sons qui montent successivement et insensiblement lorsqu'on souffle plus fort; une languette membraneuse produit aussi cet effet, et les cordes vocales font dans le même cas. L'action de détonner qui constitue le hurlement doit tenir en partie à l'accroissement et à la diminution de la force du souffle, en partie au changement successif de la tension des cordes vocales (2).

Le troisième mode est la succession musicale, dans laquelle chaque son conserve le nombre nécessaire de vibrations, et les sons successifs ne se font entendre qu'aux intervalles admis en musique. Le rhythme lui est commun avec la poésie.

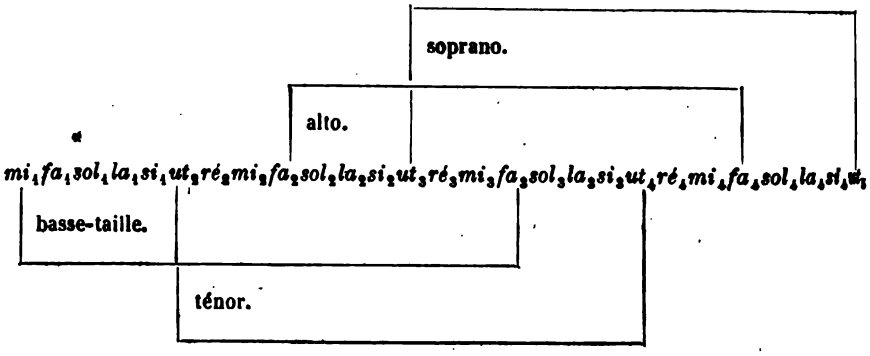
Étendue de la voix.

L'étendue de la voix d'un individu est de une, deux ou trois octaves; chez les chanteurs, il y a deux à trois octaves qui conviennent au chant. Mais les voix d'hommes et celles de femmes commencent et s'arrêtent à des points différents de l'échelle musicale. En appelant ut_1 le son du tuyau d'orgue de huit pieds ouvert, ou du tuyau de quatre pieds couvert, les voix d'hommes commencent à mi_1 (basse-taille), ou la_1 (baryton), ou ut_2 (ténor), et s'étendent jusqu'à la_2 et plus (basse-taille), ou fa_3 (baryton), ou ut_4 (ténor). La voix de femme n'a une gravité égale à celle de l'homme que chez une virago. Les voix des femmes, des jeunes garçons et des castrats commencent entre fa_2 (alto) et ut_3 (soprano), et vont jusqu'au fa_4 (alto), ou la_4 (mezzo soprano), ou ut_5 (soprano), dans les cas extrêmes jusqu'à fa_5. Le son le plus grave de la voix de femme est donc d'une octave environ plus élevé que le son le plus grave de la voix de l'homme, et le son le plus élevé de la voix de femme se trouve à peu près à une octave au-dessus de celui de la voix d'homme. Les quatre premiers sons manquent, en général, de force dans toutes les voix. L'étendue des voix d'homme et de femme prises ensemble comporte quatre

(1) Suivant la remarque de Diday et Pétrequin (*Gaz. méd.*, t. VIII, p. 311), la plupart des cris, ceux de douleur, par exemple, se terminent par un abaissement de ton, ce qui tient à l'affaiblissement naturel de l'expiration qui leur donne lieu. Cette modification constante du son dans un cas où sa formation est abandonnée à l'instinct leur paraît prouver que, si, dans le chant musical, le même ton peut être maintenu, cela dépend de la volonté, qui coordonne alors à cet effet les mouvements de la poitrine et ceux du larynx. (*Note du trad.*)

(2) *Cons.* un article de Colombat *sur le mécanisme des cris et leur intonation notée dans chaque espèce des douleurs physiques et morales*, dans la *Lancette française*, mardi 17 décembre 1839.

octaves, depuis mi_1 jusqu'à mi_5. Le tableau suivant donne l'échelle entière de la voix humaine, et indique l'étendue moyenne des différentes voix.



Fischer atteignait le *fa* de l'octave au-dessous d'ut_1, la plus jeune des sœurs Sessi embrassait trois octaves et trois tons, de ut_2 à fa_4, la Zelter trois octaves, la Catalani trois et demie.

Dans les sons graves, le larynx descend, ce qui allonge le corps du tuyau de l'organe vocal. Dans les sons aigus, il remonte, et ce même corps de tuyau devient plus court. Plus on chante haut, plus les piliers du voile du palais se rapprochent et plus la luette se raccourcit. Ces effets n'ont pas lieu seulement dans les sons de fausset : on les observe aussi dans les sons élevés de la voix de poitrine.

Espèces de voix des divers individus.

La principale différence entre les voix d'homme et de femme est généralement celle qui tient à l'élévation. Cependant ces voix diffèrent aussi pour le timbre, celles d'hommes en ayant un plus dur. Mais il y a encore des nuances particulières dans le timbre; on en compte deux pour les voix d'hommes et autant pour les voix de femmes. Les timbres des voix d'hommes sont la basse-taille et le ténor; ceux des voix de femmes, l'alto et le soprano. La basse-taille chante communément sur un ton plus grave que le ténor, et déploie toute sa force dans les tons graves; le ténor chante sur un ton plus élevé que la basse-taille avec la voix de poitrine. L'alto est en général une voix plus grave que celle du soprano, et sa force est dans les sons graves de la voix de femme. Mais ces différences ne sont point essentielles; car il y a des basses-tailles qui peuvent chanter des notes très hautes; l'alto est quelquefois aussi dans le même cas, ainsi que le soprano. La différence essentielle entre la basse-taille et le ténor, entre l'alto et le soprano, tient au timbre qui, pour les premiers comme pour les seconds, varie alors même qu'ils chantent les mêmes sons. Le baryton et le mezzo-soprano sont caractérisés par un timbre moins prononcé; ils ont aussi des hauteurs moyennes dans l'échelle des voix d'homme et de femme. La différence entre la voix des deux sexes, quant à l'élévation des sons, dépend de la longueur diverse des cordes vocales de l'homme et de la femme, dont la proportion est de 3 : 2. Celle qui se rattache au timbre tient à la disposition et à la forme des parois résonnantes, qui sont beaucoup plus grandes dans le larynx

de l'homme, où le cartilage thyroïde forme un angle très marqué en avant. La différence du timbre entre le ténor et la basse-taille, d'un côté, l'alto et le soprano, de l'autre, dépend probablement de qualités encore inconnues des cordes vocales et des parois résonnantes, tant membraneuses que cartilagineuses, qualités à la recherche desquelles il faudrait procéder en examinant les larynx des personnes dont la voix offrirait ces quatre caractères à un très haut degré. Il faut se représenter cette différence comme étant du genre de celles qui existent entre les instruments de musique de matière différente, les cordes à boyau et celles de métal, les anches de bois, de métal et de membranes, les instruments à colonne d'air vibrante ou à parois résonnantes de métal, de bois, de papier. Ces instruments peuvent être accordés ensemble, et cependant chacun d'eux rend les sons avec le timbre qui lui est particulier. Le larynx des jeunes garçons ressemble plus à celui de la femme qu'à celui de l'homme; avant l'âge de puberté, ses cordes vocales n'ont point encore les deux tiers de la longueur qu'elles atteignent à cette époque; l'angle du cartilage thyroïde est aussi peu saillant que chez la femme. Le jeune garçon est alto ou soprano; après le changement de forme que son larynx subit de quatorze à quinze ans, il devient basse-taille ou ténor. Tant que cette métamorphose dure, la voix est sans netteté, souvent rauque et criarde, et impropre au chant, jusqu'à ce que l'individu ait contracté l'habitude de mettre en exercice les nouvelles qualités qu'il a acquises. Chez les castrats, auxquels les testicules ont été enlevés avant la puberté, la voix ne mue point et ils conservent celle des femmes. Ce développement, comme celui de tout ce qui caractérise le sexe masculin, dépend de l'existence des parties génitales préparatrices du germe et du sperme. Les voix d'alto et de soprano des jeunes garçons et des castrats ressemblent à celles des femmes, eu égard à l'élévation, mais elles en diffèrent jusqu'à un certain point pour le timbre, et sont plus perçantes. Liscovius fait remarquer que la voix des castrats n'a pas non plus le même timbre que celle des jeunes garçons, ce qu'il attribue à ce que les parois résonnantes des cavités orale et nasale deviennent aussi spacieuses que chez l'homme, tandis que l'organe vocal reste au même degré que dans l'enfance. Cependant les parois sont également amples chez la femme. Peut-être faut-il attribuer une influence plus réelle au changement que les cartilages et les ligaments subissent eu égard à leur solidité.

Espèces de voix d'un même individu. Voix de poitrine et de tête.

La plupart des individus de l'espèce humaine, les hommes surtout, outre que leur voix appartient plus ou moins à l'une des classes qui viennent d'être examinées, peuvent encore, à moins qu'ils ne soient tout à fait incapables de chanter, modifier leur voix de manière à lui faire parcourir deux registres de sons, celui des sons de poitrine et celui des sons de tête ou de fausset. La voix de poitrine est plus pleine que celle de fausset, et, lorsqu'on l'entend, on sent très distinctement qu'elle vibre avec plus de force, qu'elle a aussi plus de résonnance. Les sons les plus graves de la voix humaine ne sont possibles qu'avec la voix de poitrine, et les plus élevés ne le sont qu'avec celle de fausset; les moyens sortent avec l'une comme avec l'autre. Ainsi les deux registres ne sont point placés bout à bout, de manière que l'un commence où l'autre finit: ils marchent en partie l'un à côté de

l'autre. Généralement, le ténor commence dès le *la*₃ à passer au fausset, tandis que les sons inférieurs peuvent sortir avec l'une et avec l'autre voix; le passage a lieu plus tôt encore pour la basse-taille. Chez les femmes, il y a rarement une différence bien prononcée entre la voix de poitrine et celle de fausset.

Les sons de poitrine sont produits, comme Lehfeldt l'a découvert, par un souffle fort, les cordes vocales étant détendues et vibrant en plein; les sons de fausset le sont par un souffle faible, les cordes vocales étant très tendues, mais ne vibrant que par leurs bords (1). Une tension modérée rend les deux sons possibles sur le larynx détaché du corps; le son de poitrine est toujours plus grave de plusieurs tons que le son de fausset, la tension des cordes vocales demeurant la même, et son degré de gravité au-dessous du fausset est d'autant plus grand qu'il faut un souffle plus faible pour produire le son de poitrine, ou un souffle plus fort pour faire sortir celui de fausset; cette différence peut aller à une octave entière. Les sons de poitrine augmentent de gravité à mesure que les cordes vocales se détendent, et d'élévation à mesure qu'elles se tendent; on les fait remonter, dans le cas de détente des cordes, soit en donnant une impulsion plus forte au souffle, soit en comprimant l'isthme inférieur de la glotte. Les sons de fausset augmentent d'acuité par un souffle plus fort et par une tension plus considérable des cordes vocales. Lorsque ces dernières ont un certain degré de tension, il n'y a plus possibilité de faire sortir des sons de poitrine. Comme le son de poitrine qu'on obtient sur le larynx détaché du corps et dont les cordes vocales sont détendues jusqu'à un degré déterminé, en maintenant la force du souffle aussi uniforme que possible, est déjà beaucoup plus grave que celui de fausset, et qu'il ne se rapproche de lui que par l'effet ou de la compression de l'isthme inférieur de la glotte, ou d'une force plus grande donnée au souffle, on s'explique sans peine pourquoi, lorsqu'on est arrivé à la limite des sons de poitrine, il est souvent difficile, en changeant de registre, de rencontrer le son de fausset juste.

Comme les sons de poitrine et de fausset sont possibles, sur un larynx détaché du corps, sans voile du palais, sans ventricules de Morgagni et sans ligaments supérieurs de la glotte, toutes ces parties doivent être mises de côté quand on veut

(1) Note de M. Segond. Les expériences citées à propos de la proposition 20 de M. Mueller, sont de nature à établir pour la voix de fausset une théorie toute différente, d'après laquelle les replis supérieurs de la glotte sont considérés comme l'organe fondamental de la production de ce registre, et ce n'est d'ailleurs que par l'hypothèse de deux instruments qu'on peut se rendre compte de l'ensemble des phénomènes vocaux. Pour faire remarquer à cet égard l'insuffisance de la théorie de M. Mueller, il faut citer les objections très judicieuses qui lui ont été adressées par M. Garcia. Chez un grand nombre de soprano et même chez certains contraltino, la voix de fausset présente souvent plus de puissance que la voix de poitrine; il est impossible de supposer cette différence avec un instrument qui sera toujours, d'après la théorie de M. Mueller, beaucoup plus restreint pour les notes de fausset que pour celles de poitrine. Les replis inférieurs peuvent en effet vibrer seulement par leurs bords, sans que pour cela on entende la voix de fausset. Les sons qui se produisent ainsi appartiennent à ce qu'on appelle sons *mixtes*: M. Garcia en avait conçu théoriquement le mécanisme, et mes observations sur la glotte supérieure du chat le démontrent pleinement. Enfin, il est un dernier fait devant lequel tombent toutes les théories sur la voix de fausset. C'est la possibilité manifestée par certains individus de produire deux sons à la fois, l'un en voix de poitrine, l'autre en voix de fausset, phénomène qui n'est compatible qu'avec l'existence de deux instruments (*Recherches expérimentales sur la phonation, Archiv. gén. de méd.*, 1849.)

donner la théorie de ces deux sortes de voix. Les piliers du voile du palais se rapprochent bien toujours d'autant plus qu'on chante plus haut en fausset, mais ils commencent à se rapprocher beaucoup dès les sons de poitrine élevés, et le rapprochement est ici tout aussi considérable que dans les sons correspondants du fausset. Le doigt est ce qu'il y a de mieux pour s'en convaincre. Il n'y a que les sons qui caractérisent l'exscréation et le ronflement qui soient de véritables sons du voile du palais. Si les piliers de ce voile étaient la cause des sons du fausset, on ne manquerait pas, en posant le doigt dessus, de rendre ces derniers plus aigus, ce qui n'arrive point. Le rapprochement des piliers du voile palatin et la rétraction de la luette, dans les sons aigus, paraissent n'être qu'un simple mouvement associé, occasionné par les efforts des muscles du larynx, comme il arrive souvent à un muscle de se contracter involontairement lorsqu'un autre agit en vertu des ordres de la volonté. Si les piliers du voile du palais avaient un usage quelconque relativement aux sons de poitrine élevés et aux sons de fausset, ce ne pourrait guère être que celui d'accroître la résonnance par leur tension. On peut considérer les sons de fausset comme sons flûtés des sons de poitrine, en ce sens que, pour les produire, des parties aliquotes, non de la longueur, mais de la largeur des cordes vocales entrent en vibration, pendant que les autres sont simplement distendues par l'air. Dans les sons de poitrine, les vibrations des cordes vocales ne sont pas plus longues, mais elles ont lieu dans toute la largeur des cordes, et sont accompagnées de la résonnance de la membrane de l'isthme inférieur de la glotte.

Timbre particulier de la voix. Voix nasillarde.

Ici se range le timbre particulier de voix qui appartient à chaque homme. Ce timbre dépend manifestement de la forme des voies aériennes, ainsi que des membranes et de leur résonnance, puisqu'on peut l'imiter; car il y a des hommes qui copient parfaitement la voix des personnes les plus diverses (1).

Ici encore doit se ranger le nasillement de la voix. Biot (2) l'explique de la manière suivante. Dans la production habituelle de la voix, le voile du palais s'applique sur l'ouverture postérieure des fosses nasales, et la ferme, de sorte que l'air sort seulement par la bouche; mais, en faisant un léger effort pour pousser l'air dans

(1) Note de M. Second. C'est dans l'histoire du timbre, qu'il faut faire rentrer l'étude de la voix *sombrée*, qu'on a mal à propos considérée comme une voix particulière. Le seul phénomène caractéristique par lequel on a appuyé la spécialité de cette voix, est la fixité du larynx. Or ce phénomène est entièrement indépendant de la voix, il se produit toutes les fois qu'il y a effort. Quant au caractère de cette voix, qui lui a valu le nom de *sombrée*, c'est-à-dire couverte, il tient à ce que le larynx vibre avec la plus grande dimension du tuyau vocal. On conçoit qu'en disposant la cavité buccale, comme dans la prononciation de *o*, *ou*, *u*, et en fixant, par un effort, le larynx aussi bas que possible, on doit mieux réaliser les conditions de ce timbre, tandis qu'en ouvrant largement la bouche, et en portant le larynx à l'isthme du gosier, on produit des sons criards et très éclatants. Entre ces deux limites, dont l'une constitue le *timbre sombre*, l'autre le *timbre clair*, la voix peut subir, dans le timbre, des nuances infinies. Mais, je le répète, la fixité du larynx est un phénomène si indépendant de la voix, qu'on peut, en combinant cette fixité de l'organe avec un degré suffisant d'ouverture buccale, chanter en timbre clair pendant que le larynx est sans mouvement. Et de même on peut, par d'autres combinaisons de l'ouverture buccale, chanter en timbre sombre, tandis que le larynx est mobile.

(2) Biot, *Précis élémentaire de physique*, t. I, p. 558.

les fosses nasales, on empêche l'application du voile palatin ; le trou reste ouvert, le son sort par le nez et la bouche à la fois, et l'on parle du nez. Je ne puis admettre cette explication du célèbre physicien ; car, précisément dans le mode ordinaire de production de la voix, les orifices postérieurs des fosses nasales sont ouverts, et la voix retentit à la fois dans le canal oral et dans le canal nasal. Lorsqu'on veut nasonner, on y parvient de deux manières : 1° En se bouchant les narines, on peut tout aussi bien parler que d'habitude si l'isthme du gosier reste ouvert, ou parler du nez si les piliers du voile palatin se rapprochent l'un de l'autre ; dans ce dernier cas, le larynx remonte beaucoup plus haut qu'il ne le fait dans la voix ordinaire, en rendant le même son. L'obstruction du nez par des mucosités agit de même que l'obturation des narines ; mais ni l'une ni l'autre n'est capable à elle seule de produire le nasonnement. Quand on parle du nez, la cavité nasale devient une chambre résonnante séparée. 2° On peut aussi donner lieu à la résonnance de la voix du larynx en laissant les narines ouvertes, et ouvrant ou fermant la bouche ; dans ce cas, le larynx se soulève aussi beaucoup, l'isthme du gosier se rétrécit, le dos de la langue se rapproche du palais ou s'y applique, l'air passe seulement entre les piliers resserrés du voile palatin, et il acquiert la résonnance de la cavité nasale, sans celle de la cavité orale (1).

La voix des personnes avancées en âge perd de son timbre, de son assurance et de son étendue : le timbre est changé par l'ossification des cartilages du larynx et les changements des cordes vocales ; l'assurance l'est par la diminution de l'empire des nerfs sur les muscles, qui, ici, comme partout ailleurs, a pour résultat un mouvement tremblotant ; ces deux causes réunies rendent la voix des vieillards sans éclat, sans fermeté, chevrotante et faible.

Force de la voix.

La force de la voix dépend en partie de l'aptitude des cordes vocales à vibrer, en partie de celle des membranes et cartilages du larynx, des parois de la poitrine, des poumons, de la cavité orale, de la cavité nasale et des sinus du nez, à résonner. Dans ces deux aptitudes, la première est diminuée ou abolie par l'inflammation et la suppuration de la membrane muqueuse du larynx, par une sécrétion trop abondante de mucosités, par l'œdème de la glotte, etc. La résonnance de la membrane pulmonaire est diminuée, et conséquemment la voix affaiblie, dans la consomption des poumons. C'est à la capacité plus grande de la poitrine de l'homme qu'il faut aussi rapporter en partie la force plus considérable de sa voix. Chez plusieurs espèces de singes, il existe des membranes résonnantes accessoires, des sacs laryngiens, ou même de vastes dilatations du cartilage thyroïde et de l'hyoïde, comme chez les alouates.

Accroissement et diminution de la force des sons.

Il résulte des observations faites par Liscovius, Lehfeldt et moi, que, toutes choses égales d'ailleurs, l'acuité des sons augmente quand le souffle est plus fort.

(1) Note de M. Segond. Les nombreuses dissidences qu'on remarque entre les auteurs, à propos du nasillement, viennent de ce qu'on a confondu la voix qui traverse le nez avec celle qui y retentit. C'est dans ce dernier cas seulement que le phénomène du nasillement se produit.

Les sons de poitrine montent, et les sons de fausset également. J'ai fait ces expériences à l'aide d'une tension déterminée, que je mesurais avec des poids, et j'ai trouvé que l'élévation du son peut avoir lieu par toutes les nuances entre les semi-tons, de manière que le phénomène ne tient pas à la production de nœuds de vibration, qu'on devrait d'ailleurs voir, s'il s'en formait, puisque les vibrations des cordes vocales sont si prononcées. L'élévation possible dépasse une quinte, d'après mes expériences. Il suit de là qu'un son de l'organe vocal ne peut pas être renforcé par la seule impulsion plus grande du souffle, et que, pour qu'un son conserve sa valeur musicale, il faut que la force du souffle demeure parfaitement uniforme. Cette propriété de l'organe vocal lui est commune avec plusieurs instruments de musique. Les sons des anches n'ont point de limites déterminées; en soufflant plus fort, le son vibre dans les tuyaux couverts suivant la progression des nombres 1, 3, 5, etc., et dans les tuyaux ouverts, suivant celle des nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, etc. J'ai fait voir que, dans de petits sifflets de deux pouces et moins, l'élévation parcourt même successivement les intervalles de 1 à 2, et que l'accroissement successif du souffle finit par rendre les sons criards. Les sons des anches peuvent être élevés successivement de plusieurs tons par une impulsion plus forte donnée au vent. Cette élévation est insensible avec les languettes métalliques fortes; je ne l'ai observée que quand je me servais de languettes minces, en soufflant très fort. Lorsque l'on souffle faiblement sur des languettes métalliques fortes, le son est également un peu plus élevé que quand on souffle fort, ainsi qu'il arrive à une corde faiblement attaquée, comme l'a fait voir G. Weber. Cet effet tient vraisemblablement à ce que, quand on souffle doucement, l'extrémité de la languette voisine du point d'attache ne vibre pas, tandis qu'elle entre en vibration lorsque le souffle est fort. Il faut bien distinguer l'élévation dont il s'agit ici de celle que j'ai observée sur les languettes membraneuses et la trompette des enfants. Le défaut qu'ont les anches de donner des sons qui manquent d'uniformité, puisqu'ils changent selon la force du souffle, les rend des instruments incomplets, en ce qu'ils n'admettent ni forte ni piano, en ce qu'ils ne permettent ni de renfler ni de diminuer les sons. L'orgue, le plus riche de tous les instruments, est fort incomplet à ce point de vue. Ce vice est moins marqué dans les anches à languettes; le son de celles qui ont une forte languette métallique peut se renfler sans que la petite élévation à laquelle donne lieu le souffle faible soit appréciable pour une oreille non exercée; cependant elle n'en est pas moins une cause de confusion. G. Weber a découvert le moyen de remédier à cet inconvénient; si la languette est proportionnée à la longueur du corps de tuyau rigoureusement mesurée pour son son fondamental, lorsqu'on souffle avec force, la colonne d'air du tuyau élève le son, et la languette métallique abaisse le sien; ces deux effets inverses se compensent, de sorte que les anches ainsi construites par Weber permettent de renfler et d'affaiblir le son, sans que sa valeur musicale en soit altérée. Un système d'anches semblables constitue un des instruments de musique les plus parfaits. Ce principe n'est point applicable aux anches à languette membraneuse, parce que leurs sons, comme ceux de la trompette d'enfant à languette métallique très mince, s'élèvent quand on souffle plus fort. On ne doit donc pas s'attendre à rencontrer une disposition analogue dans l'organe vocal de l'homme. D'ailleurs la compensation par la longueur du corps de tuyau exigerait que celui-ci variât beaucoup en raison de la

diversité des sons : or, dans l'organe vocal de l'homme, il ne peut varier que fort peu, tout au plus d'un pouce, par l'élévation et l'abaissement du larynx. Comme la voix humaine a le pouvoir de renfler et d'affaiblir chaque son, depuis le pianissimo jusqu'au fortissimo, il faut que la compensation y soit établie d'une autre manière : or elle est évidemment opérée par le changement de la tension des cordes vocales. Un souffle plus fort élève le son jusqu'à une quinte, en le rendant plus fort; la diminution de la tension peut, au contraire, sur de bons larynx, l'abaisser de deux octaves, en passant successivement par toutes les nuances. Ainsi, quand un son passe du piano au forte, la tension des cordes vocales doit diminuer, par l'affaiblissement de la contraction musculaire, dans la même proportion que le souffle acquiert plus de force. L'inverse a lieu quand le son s'affaiblit. L'analogie des tuyaux à anche avec les languettes membraneuses, et les expériences que j'ai faites sur les sons de poitrine, montrent aussi que le rétrécissement de l'isthme inférieur de la glotte par le muscle thyro-aryténoïdien peut contribuer à la compensation, dans le passage au piano; mais je doute que l'allongement du tuyau par la descente du larynx y concoure dans le passage au forte. Si, par la faiblesse du souffle, le son devient plus grave pour le piano, le rétrécissement de l'isthme inférieur de la glotte le rend plus aigu, et, si la force plus considérable du souffle le rend plus aigu pour le forte, le rétrécissement de l'isthme doit le rendre plus grave. Le raccourcissement du tuyau par l'ascension du larynx peut difficilement contribuer à la compensation dans le passage au piano.

Une telle sorte de compensation exige un balancement exact des effets inverses, ce qui explique pourquoi les chanteurs même exercés ont tant de peine à renfler et affaiblir les sons, sans en altérer la valeur musicale, et pourquoi ceux qui n'en ont pas l'habitude ne peuvent l'essayer sans détonner aussitôt d'une manière ou d'une autre.

Pureté des sons.

La voix détonne après qu'on a chanté longtemps. Ce phénomène s'explique en partie par les petits changements que les cordes vocales subissent à la suite de tensions répétées, mais plus encore par la fatigue des muscles, qui cessent d'obéir complétement aux ordres de la volonté et d'exécuter les mouvements convenables. On détonne encore parce qu'on a l'oreille fausse, ou à cause de la difficulté qu'on éprouve à observer le tempérament égal de nos échelles musicales. Dans les instruments de musique, le tempérament est la plupart du temps assuré par l'accord; le chanteur doit tendre sans cesse à s'y conformer.

L'homme, comme l'oiseau chanteur, apprend à son insu à exécuter les mouvements musculaires d'où dépendent les changements intérieurs de l'organe vocal nécessaires à la production de chaque son. Les sons poussés au hasard et les actions musculaires qui ont lieu à cette occasion s'associent ensemble, et sont tous disposés plus tard à s'appeler réciproquement, lorsqu'il s'agit d'imiter une mélodie. Dans l'étude méthodique du chant, à l'association des sons qu'on entend et des mouvements musculaires propres à les faire sortir, se joint encore celle de ces sons avec les signes qui les représentent. Pour réussir dans cette étude, et pour donner à chaque son sa valeur pure, il faut une oreille juste; car une oreille fausse peut

bien se trouver associée à une voix belle et étendue, mais elle ne permet pas d'en tirer parti pour le chant (1).

Perfection de l'instrument vocal de l'homme.

En étudiant la voix de l'homme, on est frappé de l'art infini avec lequel est construit l'organe qui la produit. Nul instrument de musique n'est exactement comparable à celui-là; car les orgues et les pianos, malgré toutes leurs ressources, sont imparfaits à d'autres égards. Quelques uns de ces instruments, comme les tuyaux à bouche, ne permettent pas de monter du piano au forte; dans d'autres, comme tous ceux dont on joue par percussion, il n'y a pas moyen de soutenir le son. L'orgue a deux registres, celui des tuyaux à bouche et celui des tuyaux à anche : à ce point de vue, il ressemble à la voix humaine, avec ses registres de poitrine et de fausset. Mais aucun de ces instruments ne réunit tous les avantages, comme la voix de l'homme. Si l'organe vocal appartient à la classe des instruments à anche, et si ces instruments, lorsqu'on les a réunis à un système de sifflets compensés, sont (avec le violon) les plus parfaits de tous, cependant l'organe vocal a sur eux l'avantage de pouvoir donner tous les sons de l'échelle musicale et toutes leurs nuances avec un seul tuyau à anche, tandis que les plus parfaits des instruments à anche exigent un tuyau à part pour chaque son. On pourrait imiter jusqu'à un certain point cet organe en adaptant à un tuyau à bouche un appareil qui ne fût pas trop difficile à faire jouer, et qui permît de varier à volonté la tension des rubans élastiques; mais les sons d'un pareil instrument, pour lequel, si l'on voulait le rendre durable, il faudrait n'employer que des rubans élastiques secs, n'imiteraient pas les sons roulants et éclatants du tissu animal élastique mou, et seraient toujours très difficiles à manœuvrer.

Compensation des forces physiques dans l'organe vocal de l'homme (2).

Par compensation, on entend, en général, dans les instruments de musique, toute disposition au moyen de laquelle une certaine étendue des qualités de l'instrument nécessaire pour la production du son donné est rendue inutile par un changement apporté aux circonstances qui la commandaient. La longueur d'une corde nécessaire pour produire un son déterminé se compense par la détente de cette corde, qu'on rend en même temps moins longue. La longueur de colonne

(1) Note de M. Second. La condition essentielle de la pureté des sons dépend de la disposition de la glotte, quand la partie inter-aryténoïdienne est exactement fermée par les muscles aryténoïdiens et crico-aryténoïdiens postérieurs. Les expériences de M. Mueller sur des larynx de cadavres l'établissent déjà jusqu'à un certain point, mais on peut surtout s'en assurer dans l'observation des phénomènes vocaux. Lorsque tout l'air chassé par le poumon est employé à mettre les replis de la glotte en vibration, la voix est pure; quand une partie de l'air est expiré à travers la glotte inter-aryténoïdienne mal fermée, la voix perd ce caractère. L'art du chanteur consiste en grande partie dans la propriété de faire nettement vibrer les cordes vocales, sans que l'air expiré s'ajoute au phénomène fondamental de la production du son.

(2) Cet article ne fait point partie du *Traité de physiologie.* Il a été publié à part, sous le titre de : *Ueber die Compensation der physischen Kraefte am mœnnlichen Stimmorgan.* Berlin, 1839. Mais on a cru nécessaire de le joindre ici, comme complément de la doctrine, bien qu'il résulte de là quelques répétitions. (*Note du trad.*)

d'air nécessaire pour qu'un sifflet donne le son fondamental peut être compensée par les parois membraneuses d'un sifflet [illegible]. Le son d'un sifflet membraneux peut [illegible] plus grave que celui d'un sifflet à [illegible] des parois solides pour la longueur de la colonne d'air [illegible] un mode analogue de compensation dans les sifflets couverts suivant la manière de couvrir. On sait que le son fondamental d'un sifflet bouché à l'extrémité est plus grave; si, au lieu d'un bouchon, on se sert d'une membrane peu tendue, le son fondamental, celui qu'on obtient avec le plus faible souffle possible, devient plus grave d'une tierce à une quinte; si la membrane est tendue davantage, le son s'élève, et, quand la membrane est portée au plus haut degré de tension, elle agit comme un bouchon solide. Ici nous avons un exemple qui nous montre précisément l'inverse de la compensation dans les tuyaux à anche. Le son d'une languette est abaissé par la vibration simultanée d'une colonne d'air; dans ce cas, le son de la colonne d'air est abaissé par les vibrations simultanées d'une plaque membraneuse, et l'abaissement est d'autant plus grand que la membrane est plus lâche. D'après les observations de Hire et Hamel, on peut abaisser le son fondamental des sifflets en agrandissant l'embouchure. La grandeur de cette dernière compense donc la longueur du tuyau. On peut, en outre, comme je l'ai observé, abaisser le son fondamental d'un sifflet en couvrant l'embouchure, de sorte que la couverture de cette ouverture compense aussi la longueur de la colonne d'air. Les sons que l'on obtient de cette manière ne sont pas seulement les harmoniques, comme dans le cas d'agrandissement de l'embouchure, mais ce sont tous les intervalles imaginables jusqu'à une certaine limite, et le son devient d'autant plus grave qu'on abaisse davantage le toit vers l'ouverture. Dans les tuyaux d'anche à languette membraneuse, la longueur et la tension des rubans se compensent en sens inverse, et, dans tous les instruments à anche, la longueur ou la tension de l'anche est compensée par l'addition d'une colonne d'air simultanément vibrante, qui rend le son plus grave qu'il ne le serait d'après la tension ou la longueur de l'anche. Le rétrécissement du commencement ou de la fin du tube ajouté abaisse ou élève le son des tuyaux à anche, dans certaines conditions; ces circonstances établissent donc aussi une compensation.

Cependant, ce qu'il y a de plus remarquable dans tous les instruments de musique où l'air contribue à l'effet produit, c'est le changement que les sons éprouvent d'après la force des chocs que donne l'air, et la compensation d'une condition quelconque par l'intensité du choc. Dans les instruments qu'on met en mouvement par le pincement avec le doigt ou par l'action d'un archet, ce changement n'existe presque pas. Quant aux changements des sons des sifflets par la force du souffle, je ne parle point de leur élévation bien connue aux sons harmoniques, car elle peut s'expliquer par la division de la colonne d'air en parties aliquotes, mais d'une élévation successive par tous les intervalles imaginables, jusqu'à une certaine limite, élévation que j'ai observée dans de petits sifflets ayant deux pouces et un pouce de long. La vitesse du courant d'air, ou la force du choc, a donc une influence manifeste sur la rapidité des vibrations de l'air dans le sifflet. Mais les vibrations d'une languette sont surtout faciles à changer par le courant d'air. Ainsi, par exemple, quand une languette métallique est assez mince proportionnellement au courant d'air qui la meut, comme celle de la trompette des enfants, le son, en augmentant

le souffle, s'élève sans intervalles jusqu'à une octave et demie. Avec des languettes de caoutchouc, le courant d'air des poumons peut élever le son de quelques tons, jusqu'à une quinte. Ici donc la tension est compensée par la force d'impulsion, ou la vitesse de vibration opérée par la tension est compensée par celle que le choc de l'air communique aux rubans.

Mais on désigne encore sous le nom de compensation une disposition des instruments de musique qui fait qu'au lieu de changer leur son d'après la force du choc, ils le maintiennent, au contraire, à la même hauteur, quelque varié que puisse être ce choc. G. Weber a traité en ce sens de la compensation des tuyaux d'anche, et il a construit un tuyau d'anche compensé dont le son conserve la même pureté, malgré la force différente du souffle pour le piano et le forte. C'est cette sorte de compensation que je vais examiner dans l'organe vocal de l'homme (1).

Lorsqu'on souffle faiblement un tuyau d'anche à languette métallique forte, le son est un peu plus élevé que quand on souffle fort. Il s'agissait donc, pour pouvoir renfler un son sur un tuyau à anche, de trouver un moyen qui compensât l'abaissement de ce son par la force du souffle. Weber l'a découvert dans la colonne d'air qui vibre simultanément avec l'anche. Le son de la colonne d'air du tuyau à anche est élevé effectivement lorsqu'on souffle fort, tandis que la forte languette

(1) Diday et Pétrequin (*Gaz. méd.*, 1840, t. VIII, p. 308) se sont attachés à démontrer, par l'observation directe, qu'entre les puissances expiratrices et les muscles qui font varier le diamètre de la glotte, il existe un consensus d'action en vertu duquel la largeur de cette ouverture se proportionne à la vitesse du courant d'air, pour assurer la conservation du même ton ; qu'ainsi, lorsque, pour renforcer un son, on donne au souffle plus d'énergie, la glotte se dilate, non pas assez pour faire baisser le ton, mais assez cependant pour qu'il ne puisse monter. Quand, au contraire, on veut faiblir le son, la glotte se resserre instinctivement pour prévenir la baisse du ton qu'amènerait le ralentissement de la colonne d'air ; que, par conséquent, dans ces deux cas, il s'établit entre la vitesse de l'air et la largeur de l'orifice qu'il traverse une compensation destinée à neutraliser l'influence que la différence d'énergie du souffle exerce sur le ton. Pourquoi, par exemple, peut-on renfler une note sur-aiguë, tout en la maintenant juste, tandis qu'on ne saurait que très difficilement la faiblir sans faire baisser le ton ? Une fois arrivée à un certain degré, disent-ils, la contraction des cordes vocales, quelque forte qu'elle devienne ensuite, ne contribue plus à l'élévation du ton, et cependant on peut alors, par une expiration très énergique, produire encore quelques notes sur-aiguës, ce qui mène à cette conséquence : que les sons les plus élevés ne sont dus qu'à l'impulsion de la colonne d'air. On comprend dès lors pourquoi il sera possible de renforcer une note sur-aiguë, car la glotte préviendra, en se dilatant, l'élévation du ton qui serait à craindre. Mais veut-on faiblir le même son, le ton baissera, malgré tous les efforts du chanteur. Il faudrait, en effet, pour s'y opposer, que les cordes vocales se contractassent encore davantage. Or, pour produire cette note, elles étaient déjà parvenues au degré passé lequel leur contraction n'a plus d'influence sur le ton. De même, il est aisé de maintenir juste le son le plus grave de l'échelle vocale, tout en le faiblissant ; mais il sera impossible de le renforcer, car la glotte, qui, pour le former, était déjà à son maximum d'ouverture, ne saurait se dilater davantage, et cependant son agrandissement serait indispensable pour prévenir l'élévation du ton que tend à produire l'accélération du courant d'air. Cette théorie de la compensation mène donc finalement aux mêmes conclusions que celle de Mueller. Mais Mueller s'est borné à chercher dans des expériences sur le cadavre si effectivement, en relâchant les cordes vocales au moment où le souffle devient plus fort, on peut empêcher le ton de s'élever, ce qui montre seulement que, chez l'homme vivant, le mécanisme supposé réussirait, s'il existait réellement, à conserver la justesse de l'intonation, tandis que Diday et Pétrequin ont démontré qu'il a réellement lieu pendant la vie ; ils s'en sont servis pour expliquer divers phénomènes de la phonation, en particulier ceux de la voix sombrée. (*N. du trad.*)

métallique abaisse le sien. Les deux effets se compensent, de sorte qu'il devient possible, au moyen d'une certaine longueur de la colonne d'air covibrante, longueur que Weber a déterminée, de renfler et d'affaiblir un son sans altérer le moins du monde sa pureté et sa valeur dans l'échelle musicale.

Les faits découverts par Weber sont parfaitement exacts pour une force donnée des languettes et pour une force déterminée du courant d'air, c'est-à-dire qu'ils le sont dans certaines limites. Mais il y a une certaine force du courant d'air sous l'influence de laquelle, à ce qu'il paraît, le son de toute anche doit être élevé, et cela en raison directe de l'accroissement de la force du courant ou de sa densité. Cet effet de la part du vent qui sort des organes respiratoires de l'homme s'observe, comme je l'ai déjà dit, sur les languettes métalliques très minces, telles que celles de la trompette des enfants, dont, par la force du souffle, on peut élever le son d'une octave et demie successivement et sans intervalles. Dans les languettes métalliques qui ont un peu plus de force, celles, par exemple, de l'harmonica à bouche, la force du souffle des poumons réussit moins à élever le son ; mais elle le fait cependant assez encore pour qu'on demeure convaincu de la généralité du phénomène. On peut donc conclure que, même pour des languettes métalliques fortes, il y a également une certaine force du courant d'air, quelle qu'elle soit, sous l'influence de laquelle elles doivent élever leur son, comme le font les languettes les plus faibles, et l'élever d'autant plus que le choc acquiert plus d'intensité. Ici il faudrait une compensation d'un autre genre que celle dont Weber s'est servi. Comme les fortes languettes métalliques de ce musicien donnent des sons un peu plus élevés quand le souffle est faible que quand il est fort, on serait tenté de croire, au premier aperçu, qu'il y a là une contradiction inexplicable avec les faits que j'ai rapportés en dernier lieu ; mais la contradiction disparaît en admettant, ce qui est vraisemblable, que l'extrémité fixée de la languette ne vibre point lorsqu'on souffle faiblement, tandis qu'elle entre aussi en vibration quand le souffle est fort.

Quoi qu'il en soit, ce qu'il y a de certain, c'est que toutes les languettes membraneuses élèvent, quand le souffle devient plus fort, le son qui leur est assigné par leur tension et leur longueur. Le fait est constant pour les rubans de caoutchouc et pour les cordes vocales du larynx humain. L'élévation du son qu'on peut obtenir sur des larynx artificiels à rubans de caoutchouc par la force du souffle des poumons, va jusqu'à une tierce, et plus, sans intervalles, et, dans un larynx à tension déterminée, produite par des poids, elle va juqu'à une quinte, même jusqu'à une octave. Ainsi, pour qu'un son du larynx humain conserve sa valeur musicale, et demeure le même au piano comme au fortissimo, c'est-à-dire sous l'influence du plus faible et du plus fort souffle, il faut, puisque la force du souffle est une condition d'élévation, qu'il y ait, en compensation, des conditions d'abaissement, faisant équilibre aux autres. Mais cet effet ne peut guère être produit que par la détente des cordes vocales. Que, par exemple, celles-ci donnent à la tension 4 le son sol_3, et à la tension 2 le son ut_3, sous l'influence du souffle le plus faible, à la tension 2, si le souffle devient plus fort, elles donneront ou conserveront le son sol_3. En un mot, pour maintenir un son dans le crescendo, il faut que la tension diminue à proportion que la force du souffle augmente : l'inverse a lieu pour le decrescendo. J'ai déjà précédemment exposé et discuté ce mode de com-

pensation ; mais on manquait d'expériences qui déterminassent d'une manière sûre et numériquement la proportion entre la tension décroissante et la force croissante du souffle. C'est pourquoi j'en ai entrepris une série ayant pour but d'établir cette proportion.

Je me proposais d'abord d'employer un soufflet, au lieu de la bouche, pour rendre les sons soutenus et mesurer la force du vent. Il eût été facile ainsi de déterminer la force du souffle ou de la pression, par les poids du soufflet, et plus sûrement encore la densité de l'air qui faisait mouvoir les cordes vocales, par le manomètre ordinaire des soufflets, tube à deux branches, dont la partie inférieure est remplie de mercure ou d'eau, et où la pression de l'air fourni par le soufflet agit sur le liquide de l'une des branches, en sorte que la différence de niveau de ce liquide dans les deux branches indique la tension de l'air dans le soufflet. Mais, en essayant d'appliquer cet appareil aux expériences sur la voix humaine, je rencontrai de grandes difficultés, et je ne tardai pas à reconnaître qu'il était indispensable d'en revenir, comme auparavant, à ma propre respiration. En effet, lorsqu'on place sur le tuyau du soufflet un larynx préparé suivant le procédé que j'ai fait connaître, on obtient d'abord de bons sons, qui peuvent être bien pleins, à cause de la résonnance du soufflet ; mais ces sons ne tardent pas à diminuer, et à s'éteindre tout à fait, ou bien ils passent à l'aigu, quoique la pression du souffle demeure la même. La voix ne recommence plus à parler qu'après qu'on a bien humecté les cordes vocales en dedans et en dehors ; car l'air du soufflet dessèche promptement l'isthme inférieur de la glotte et le bord des cordes vocales, ce qui explique et la cessation du son et son élévation progressive. En soufflant avec les poumons, au contraire, on fait arriver un air humide et presque à la température du corps humain, de sorte que les cordes vocales ne se dessèchent point, et qu'on évite tous les inconvénients dont je viens de parler. D'ailleurs l'air qu'on emploie ainsi est celui-là même qui sert à la voix de l'organe vivant ; il ne s'agit que de soumettre la pression de cet air au contrôle, comme le degré de tension ou de détente des cordes vocales l'est dans les autres expériences dont j'ai parlé précédemment.

On y parvient sans peine à l'aide du manomètre ordinaire du soufflet mis en communication avec le porte-vent. Cagniard-Latour a déjà mesuré de cette manière la tension de l'air qui est nécessaire pour souffler la clarinette, et, chez un homme vivant qui portait une ouverture à la trachée-artère, la tension que l'air doit avoir dans ce conduit pour que la voix parle. Il s'est servi aussi d'un tube dont l'un des bouts communiquait avec un porte-vent inséré à l'embouchure d'une clarinette, et dont l'autre bout plongeait dans un vase plein d'eau : il concluait la pression de la profondeur à laquelle il fallait enfoncer le tube pour empêcher l'air de s'échapper. Cette pression, pour la clarinette, était égale à une colonne d'eau de trente centimètres. Chez l'homme dont la trachée-artère présentait une ouverture, la tension de l'air dans ce conduit, quand l'individu parlait, était égale à une colonne d'eau de seize centimètres.

J'ai employé le manomètre ordinaire du soufflet, dont l'une des branches était coudée à son sommet, afin qu'on pût l'unir solidement avec la partie latérale d'un porte-vent adapté à l'extrémité trachéale du larynx. C'est aussi l'instrument dont Poiseuille s'est servi pour mesurer la pression du sang dans les artères et les veines,

et auquel il a donné le nom d'hémodynamomètre. La différence de hauteur du liquide dans les branches, ou la somme de sa chute et de son ascension dans les branches opposées, donne l'expression statique de la pression. Au premier abord, les colonnes de mercure ou d'eau éprouvent ordinairement une oscillation considérable ; mais bientôt la pression se fixe, et l'on peut l'évaluer avec une certitude suffisante jusqu'à un quart ou même un huitième de centimètre ; vouloir y mettre plus de précision, et compter les millimètres, exposerait à des erreurs, à cause des oscillations. On facilite singulièrement la lecture en se servant, au lieu de mercure, d'eau, qui donne des résultats 13,6 fois plus grands ; mais les oscillations sont bien plus étendues aussi. Lorsqu'on est arrivé par le souffle à une pression aussi uniforme que possible, on peut fixer le liquide en posant le doigt sur le tube ouvert, et alors on charge une autre personne de lire sur l'échelle.

Tout étant disposé, il faut se rappeler quelle est la proportion de la tension suivant laquelle les sons de l'organe vocal augmentent de hauteur lorsqu'on souffle le plus faiblement possible. Je prendrai pour point de départ les deux expériences que j'ai rapportées précédemment, et dans lesquelles la tension était opérée par des poids suspendus perpendiculairement à la partie antérieure et supérieure du cartilage thyroïde, le larynx lui-même étant fixé dans une situation verticale.

Il résulte de ces deux expériences que, dans les sons graves, un poids d'un demi-loth suffit pour élever le ton d'un semi-ton ; que, la tension croissant, il finit par falloir trois loth pour produire un changement d'un semi-ton, et qu'un poids d'une demi-livre à une livre suffit pour produire les sons dans l'étendue de deux octaves. Mais j'ai expérimenté aussi sur des larynx dans lesquels ces deux octaves n'exigeaient qu'un poids d'une demi-livre. Quand les cordes vocales sont tendues par une corde dirigée dans le même sens qu'elles et passant sur une poulie, il faut un poids plus fort pour déterminer un même effet. Le même larynx exigeait, pour donner les deux octaves, depuis un quart de loth jusqu'à 15 loth, avec la traction perpendiculaire exercée sur le cartilage thyroïde, et jusqu'à 25 loth avec la tension horizontale des cordes vocales. Je cherchai ensuite à savoir quelle est la pression de l'air à laquelle les cordes vocales commencent à faire entendre leur son fondamental, et s'il en faut une plus forte quand les cordes sont plus tendues, c'est-à-dire pour produire les sons aigus. Des expériences faites à ce sujet, il résulta qu'à l'égard des sons aigus, une pression de l'air équivalente, à une colonne de mercure d'un quart de centimètre, ou à une colonne d'eau de 34 millimètres, parfois même d'un centimètre et demi, suffit pour produire un son léger ; ce qui s'applique tant aux sons de poitrine qu'à ceux de fausset. En soufflant aussi fort qu'il m'était possible, de manière néanmoins qu'il sortît encore un son, la pression n'était la plupart du temps égale qu'à une colonne de mercure d'un, deux ou trois centimètres et demi. Cette quantité est fort inférieure à celle que Cagniard-Latour a obtenue sur le vivant, où la pression dans la trachée-artère, pendant la phonation, équivalait à une colonne d'eau de seize centimètres. La différence me semble tenir en grande partie à ce que l'homme sur lequel Cagniard a fait ses observations avait été atteint d'une maladie des organes vocaux, pour laquelle il avait fallu recourir à la bronchotomie. On sait qu'il suffit de la moindre pression d'air pour que nous donnions des sons de voix, et cette remarque s'accorde très bien avec les expériences que j'ai faites sur des larynx, à l'aide du

manomètre. Mais, si le fortissimo possible ne sortit, dans plusieurs expériences, qu'à huit, douze ou quatorze centimètres, je l'attribue à ce que, chez l'homme vivant, l'ouverture du porte-vent dans la glotte peut être considérablement rétrécie par la compression latérale qu'exercent les muscles thyro-aryténoïdiens. On peut, dans les larynx morts, suppléer l'action de ces muscles à l'aide d'une compression exercée latéralement sur les cordes vocales, ce qui rend possible une tension bien plus forte de l'air.

Je voulus aussi savoir si la tension de l'air reste la même lorsqu'on donne le piano des sons graves et le piano des sons aigus avec une tension plus forte des cordes vocales, c'est-à-dire si le son le plus faible de ces cordes, soumises à une plus grande tension, est possible quand la tension de l'air demeure la même, ou exige qu'elle croisse. L'expérience suivante nous éclaire à cet égard. Le larynx humain dont je me suis servi donnait, sans poids, dans le plateau de la balance, qui lui-même pesait 0,24 loth, donnait, dis-je, fa_2 à une pression de l'air égalant une colonne d'eau de quatre centimètres.

Poids pour la tension des cordes.	Sons produits en soufflant le plus doucement possible.	Centimètres de la colonne d'eau.	Poids pour la tension des cordes.	Sons produits en soufflant le plus doucement possible.	Centimètres de la colonne d'eau.
Poids de la balance. 1/4 loth	fa_2 fausset	4	Poids de la balance. 3 1/4 loth	$ré_3$ fausset	+10
3/4	sol_2 »	6	4 3/4	mi_3 »	13
1 1/4	la_2 »	8	6 3/4	fa_3 »	13
1 3/4	si_2 »	0	7 3/4	sol_3 »	13
2 1/4	ut_3 »	—10	» 1/4	la_3 »	16

D'après cela, dans le larynx mort, le souffle le plus léger possible exige, quand la tension des cordes est plus considérable, et par conséquent pour les sons aigus, une tension plus forte de l'air que pour les sons graves et quand les cordes vocales sont moins tendues ; la tension était deux à trois fois aussi forte lorsque les sons s'élevaient de toute une octave.

Il s'agissait encore de savoir suivant quelle proportion de la pression de l'air les sons croissent, la tension des cordes vocales restant la même. Les expériences suivantes ont été faites à ce sujet sur des larynx d'hommes.

Tension.		Tension de l'air. Colonne de mercure.		Sons.	Tension.		Tension de l'air. Colonne de mercure.		Sons.
	loth.		centim.	fausset.		loth.		centim.	fausset.
1re expér.	3/4		1/4	$ré\sharp_3$ »		2 1/4	1	1/2	$ré_4$ »
	3/4		1/3	mi_3 »		2 1/4	2		mi_4 »
	3/4		1/2	$fa\sharp_3$ »		2 1/4	2	1/2	fa_4 »
	3/4		3/4	$sol\sharp_3$ »		2 1/4	3	1/2	sol_4 »
2e expér.	3/4		1/4	si_2 »	6e expér.	3 1/4		1/2	fa_3 »
	3/4		—1/2	ut_3 »		3 1/4	1		sol_3 »
	3/4		1/2	$ré_3$ »		3 1/4	1	1/4	si_3 »
	3/4		3/4	mi_3 »		3 1/4	—2		ut_4 »
	3/4	—1		fa_3 »		3 1/4	2		$ré_4$ »
	3/4	1		sol_3 »		3 1/4	2	1/2	mi_4 »
	3/4		5/4	la_3 »		3 1/4	2	3/4	fa_4 »
	3/4	2		si_3 »	7e expér.	10 1/4	+2	1/2	la_4 »
3e expér.	1/4		1/4	si_2 »		10 1/4	+4		si_4 »
	1/4		1/3	ut_2 »		10 1/4	6		ut_3 »
	1/4		1/2	$ré_3$ »		10 1/4	8		$ré_3$ »
	1/4		3/4	mi_3 »	8e expér.	1/4		1/4	la_3 »
	1/4	1		sol_3 »		1/4		1/3	si_3 »
	1/4	1	1/2	la_3 »		1/4		—1/2	ut_3 »
	1/4	2		si_2 »		1/4		1/2	$ré_3$ »
4e expér.	1/4		1/3	ut_3 »		1/4		3/4	ut_3 »
	1/4	1		sol_3 »	9e expér.	1/4		1/4	$ré\sharp_3$ »
	1/4	2		ut_4 »		1/4		1/3	mi_3 »
	1/4	3		mi_4 »		1/4		1/2	fa_3 »
	1/4	3	1/2	fa_4 »		1/4		+1/2	sol_3 »
5e expér.	2 1/4		1/2	sol_3 »		1/4		3/4	la_3 »
	2 1/4		3/4	la_3 »		1/4	1		si_3 »
	2 1/4	1		si_3 »					

Dans les expériences suivantes, j'employai un manomètre divisé en pouces et lignes, et pour équivalent de la pression de l'air une colonne d'eau.

Tension.		Colonne d'eau du manomètre.		Sons.	Tension.		Colonne d'eau du manomètre.		Sons.
	loth.	Pouc.	lign.	fausset.		loth.	Pouc.	lign.	fausset.
;pér.	1/4	1	6	sol_2 »	12e expér.	2 1/4	8		la_2 »
	1/4	1	8	$sol\#_2$ »		2 1/4	8	10	$la\#_2$ »
	1/4	2		la_2 »		2 1/4	10		si_2 »
	1/4	2	4	$la\#_2$ »	13e expér.	2 1/4	3		fa_3 »
	1/4	2	8	si_2 »		2 1/4	3	6	$fa\#_3$ »
	1/4	2	10	ut_3 »		2 1/4	4		sol_3 »
	1/4	3	2	$ut\#_3$ »		2 1/4	4	8	$sol\#_3$ »
	1/4	3	4	$ré_3$ »		2 1/4	6		la_3 »
	1/4	4		$ré\#_3$ »		2 1/4	7		$la\#_3$ »
	1/4	4	6	mi_3 »		2 1/4	9		si_3 »
	1/4	5	4	fa_3 »		2 1/4	10		ut_4 »
	1/4	6	6	$fa\#_3$ »		2 1/4	12		$ut\#_4$ »
	1/4	7	4	sol_3 »	14e expér.	2	3		$fa\#_3$ »
	1/4	8		$sol\#_3$ »		2	3	6	sol_3 »
;pér.	1/2	2	6	$ut\#_3$ »		2	5		$sol\#_3$ »
	1/2	3		$ré_3$ »		2	6		la_3 »
	1/2	3	6	$ré\#_3$ »		2	7		$la\#_3$ »
	1/2	4		mi_3 »		2	9		si_3 »
	1/2	4	6	fa_3 »		2	10	6	ut_4 »
	1/2	5		$fa\#_3$ »		2	11	6	$ut\#_4$ »
	1/2	6		sol_3 »	15e expér.	1/4	1	6	la_3 »
	1/2	7		$sol\#_3$ »		1/4	+2		$la\#_3$ »
	1/2	8		la_3 »		1/4	2	6	si_3 »
	1/2	9		$la\#_3$ »		1/4	+2	6	ut_3 »
	1/2	10		si_3 »		1/4	3		$ut\#_3$ »
	1/2	11		ut_4 »		1/4	3	6	$ré_3$ »
	1/2	12	6	$ut\#_3$ »		1/4	4		$ré\#_3$ »
;pér.	2 1/4	2	8	$ré_4$ »		1/4	+4		mi_3 »
	2 1/4	3	2	mi_3 »		1/4	5		fa_3 »
	2 1/4	4		fa_3 »		1/4	6		$fa\#_3$ »
	2 1/4	4	10	$fa\#_3$ »		1/4	6	6	sol_3 »
	2 1/4	6		sol_3 »		1/4	7	6	$sol\#_3$ »
	2 1/4	7	4	$sol\#_3$ »		1/4	8		la_3 »

Voix de poitrine, les cordes vocales étant comprimées latéralement.

ension.		Colonne d'eau du manomètre.		Sons.	Tension.		Colonne d'eau du manomètre.		Sons.
	loth.	Pouc.	lign.	Voix de poitr.		loth.	Pouc.	lign.	Voix de poitr.
xpér.	0	2		$fa\#_2$ »	16e expér.	0	10		$ut\#_3$ »
		4	6	sol_2 »			11		$ré_3$ »
		5	6	$sol\#_2$ »			12		$ré\#_3$ »
		6		la_2 »	17e expér.	0	3		ut_3 »
		7		si_2 »			9		sol_2 »
		8	6	ut_3 »			14		ut_3 »

i, pour élever d'un ton entier le son fondamental des cordes vocales peu s, il faut, suivant les circonstances, dans beaucoup de cas, que la pression

de l'air subisse une élévation correspondante de 1 à 2 centimètres de la c
d'eau, plus ou moins. La proportion marche avec assez d'uniformité. Les s
plus élevés, produits par un souffle renforcé, sont les seuls qui, pour monte
ton entier, exigent que la tension s'accroisse davantage.

Pour élever à l'octave suivante le son fondamental des cordes vocales, il a
à tension faible égale de celles-ci, que la pression fût huit fois plus forte d
expériences 2 et 3, six fois dans la 4e, sept fois dans la 5e, cinq fois et demi
la 6e, cinq fois dans la 10e et la 11e, cinq fois et un tiers dans la 15e. On peu
admettre qu'il faut une pression de l'air cinq, six et huit fois plus forte, pou
égalité de faible tension des cordes vocales, le son s'élève de toute une octa
un souffle plus fort. Cette pression avait besoin d'être doublée à triplée pour
le son d'une quarte ou d'une quinte. Quand les cordes vocales sont plus te
comme dans l'expérience 7, où elles l'étaient par un poids de dix loth et un
non seulement il faut une pression plus forte pour faire parler le souffle
faible, mais encore l'élevation du son en exige une bien plus intense que d
cas de tension moins considérable, puisque, dans l'expérience 7, par exe
l'élévation d'un ton entier exigea que la pression fût accrue de 2 centimèt
hauteur du mercure ou $2 \times 13{,}6$ de hauteur de l'eau du manomètre: aus
différence proportionnellement bien plus grande est-elle nécessaire pour a
dans la série ascendante. La même chose arrive quand les cordes vocales so
fortement rapprochées l'une de l'autre, par les côtés, au moyen des branches
paire de pinces. Dans ce cas, par exemple, pour élever d'une quarte le son
mental des cordes, la tension demeurant la même, il fallut que la pression d
au lieu d'être doublée à triplée, fût quadruplée à quintuplée, comme on le
dans l'expérience suivante.

J'ai remarqué en outre que la facilité d'élever le son par un faible acc
ment de la pression de l'air atteint quelquefois sa limite à une certaine haut
que, pour élever ensuite le son d'un semi-ton seulement, il fallait augme
pression de l'air hors de toute proportion, comme dans l'exemple suivant:

SONS.	PRESSION DE L'AIR. Colonne d'eau du manomètre.	SONS.	PRESSION DE L'A Colonne d'eau du man
sol_2	2 pouces.	si_2	8 pouces tension
$sol\sharp_2$	3	ut_3	10
la_2	4	$ut\sharp_3$	11 1/2
$la\sharp_5$	7	$ré_3$	13 1/2

Mais, si je voulais passer de *ré* à *ré*♯, il fallait souffler avec un peu de forc
que la colonne d'eau montât jusqu'à 22 à 24 pouces et plus. Les causes d
disproportion me sont demeurées inconnues. La limite dont je viens de parle
beaucoup suivant les larynx ; il y en a qui permettent de monter proportio
ment jusqu'à une octave, et d'autres qui ne le permettent pas. On doit
quer, en outre, que, quand, dans ce cas, on accroissait la tension, de manièr
le son fondamental devînt plus aigu, la limite de la progression proportionn

l'élévation s'établissait d'autant plus tôt qu'on augmentait davantage la tension, comme il ressort des expériences suivantes, qui ont été faites sur le même larynx.

1 LOTH DE TENSION.		2 LOTH DE TENSION.		3 LOTH DE TENSION.		4 LOTH DE TENSION.		6 LOTH DE TENSION.		8 LOTH DE TENSION.	
Sons de poitrine.	Pression de l'air.	Sons.	Pression de l'air.	Sons.	Pression de l'air.	Sons.	Pression de l'air.	Sons.	Pression de l'air.	Sons	Pression de l'air.
	pouces d'eau.										
$fa\sharp_2$	2										
sol_2	3	sol_2	2								
$sol\sharp_2$	5	$sol\sharp_2$	4	$sol\sharp_2$	2						
la_2	6	la_2	6	la_2	5	la_2	2				
$la\sharp_2$	8	$la\sharp_2$	7	$la\sharp_2$	8	$la\sharp_2$	5	$la\sharp_2$	7		
si_2	9 1/2	si_2	8	si_2	8 1/2	si_2	7	si_2	8	si_2	6
ut_3	10	ut_3	10	ut_3	9 1/2	ut_3	8	ut_3	8	ut_3	8
$ut\sharp_3$	11	$ut\sharp_3$	12	$ut\sharp_3$	13	$ut\sharp_3$	10	$ut\sharp_3$	10	$ut\sharp_3$	10
$ré_3$	12 1/2	$ré_3$	13			$ré_3$	12	$ré_3$	12	$ré_3$	12
$ré\sharp_3$	24	$ré\sharp_3$	24								

Dans tous les cas, il ne fut pas possible de franchir l'intervalle de *ré* à *ré*♯ sans porter la pression de l'air à 24 pouces et plus. Dans plusieurs autres, le saut eut lieu de la même manière. L'expérience suivante mérite d'être rapportée encore, comme terme de comparaison. Ainsi que dans la précédente, la voix de poitrine avait été déterminée par une pression latérale exercée sur les cordes vocales.

1/2 LOTH DE TENSION.		1 LOTH DE TENSION.		2 LOTH DE TENSION.		4 LOTH DE TENSION.	
Sons.	Pression de l'air.	Sons.	Pression de l'air.	Sons.	Pression de l'air.	Sons.	Pression de l'air.
la_2	3						
si_2	5	si_2	5				
ut_3	6	ut_3	7	ut_3	6		
$ut\sharp_3$	8	$ut\sharp_3$	10	$ut\sharp_3$	8		
$ré_3$	11	$ré_3$	12	$ré_3$	11	$ré_3$	7
$ré\sharp_3$	14	$ré\sharp_3$	14	$ré\sharp_3$	14	$ré\sharp_3$	11
mi_3	Saut.	mi_3	Saut.	mi_3	Saut.	mi_3	Saut.

Je signale ce phénomène à l'attention pour éviter tout malentendu dans les expériences sur le larynx. Je ne puis l'expliquer autrement que par un saut d'un registre à un autre, du registre de la voix de poitrine à celui de la voix de fausset. Mais il prouve qu'en comparant les équivalents de la pression de l'air et de la tension, on a un motif de plus pour exclure totalement les degrés élevés de tension et de pression.

Viennent maintenant les expériences sur la compensation de la détente des ligaments et de la pression de l'air pour obtenir le piano et le forte à une même élévation de son.

Si, en faisant ces expériences, on opère la tension des cordes vocales par une traction exercée de haut en bas sur le cartilage thyroïde et imitant l'action du muscle crico-thyroïdien, les poids nécessaires pour faire sortir un son donné n'expriment pas le degré de la tension des cordes vocales elles-mêmes, mais celui de la contraction du muscle crico-thyroïdien nécessaire pour produire ce son, et par conséquent, lorsqu'on les compare à la pression de l'air, on n'obtient que le rapport entre celle-ci et l'action du muscle. Cette méthode de tendre les cordes vocales est celle qui leur procure la tension la plus uniforme, de manière qu'on devrait toujours faire ainsi les expériences : cependant il faut remarquer que le ligament crico-thyroïdien, qui possède l'élasticité au plus haut degré, agit de même que le muscle, que son action vient au secours de celui-ci quand il se contracte faiblement, mais que le ligament est mis hors de jeu quand le muscle se contracte avec énergie. Des poids, suspendus à un cordon, qu'on attache à l'angle du cartilage thyroïde, donnent donc exactement le quantum de contraction du muscle crico-thyroïdien qui est nécessaire pour des sons déterminés.

Pour mesurer la pression de l'air, je me suis servi tantôt d'un manomètre à mercure, tantôt d'un manomètre à eau, parce que les expériences ont été faites à des époques différentes. Je vais d'abord rapporter ces expériences une à une. La première colonne est destinée aux sons égaux quant à l'élévation, mais croissant en intensité; la seconde indique la quantité jusqu'à laquelle la pression de l'air doit être accrue; la troisième énonce les poids de la tension, qui diminue à proportion que la pression de l'air augmente.

Son uniforme croissant en force.	Pression croissante de l'air. Colonne de mercure de	Tension décroissante des cordes vocales.
	centimètr.	loth.
Piano la_3	1/2	4 1/4
cresc. la_3	3/4	2 1/4
cresc. la_3	1	1 1/5
cresc. la_3	1 1/2	3/4
Forte la_3	2	1/4
Piano ut_4	3/4	6 1/4
ut_4	+ 1	3 1/4
Forte ut_4	— 1 1/2	1 3/4
Piano sol_3	— 1/2	4 1/4
sol_3	+ 1/2	3 1/4
sol_3	— 3/4	2 2/4
sol_3	3/4	1 1/4
sol_3	— 1	3/4
Forte sol_3	1	1/4
Piano mi_3	1/4	3/4
Forte mi_3	1/2	1/4

Son uniforme croissant en force.	Pression croissante de l'air. Colonne de mercure de	Tension décroissante des cordes vocales.
	centimètr.	loth.
Piano $fa\#_3$	1/3	2 1/4
cresc. $fa\#_3$	1/2	1 1/4
Forte $fa\#_3$	3/4	1/4
Piano $sol\#_3$	1/2	4 1/4
$sol\#_3$	3/4	3 1/4
$sol\#_3$	1	1 1/4
Forte $sol\#_3$	+ 1	1/4
Piano $sol\#_3$	1/2	4 1/4
$sol\#_3$	— 3/4	2 1/4
$sol\#_3$	3/4	1 1/4
Forte $sol\#_3$	1	1/4
Piano la_3	1/2	4 1/4
la_3	+ 1/2	2 1/4
la_3	— 1	1 1/4
la_3	1	3/4
Forte la_3	1 1/2	1/4

Dans les expériences suivantes, la force de la pression de l'air a été mesurée au moyen d'une colonne d'eau.

Son uniforme croissant en force.	Pression croissante de l'air. Colonne d'eau de	Tension décroissante des cordes vocales.	Son uniforme croissant en force.	Pression croissante de l'air. Colonne d'eau de	Tension décroissante des cordes vocales.
Piano si_2	9 centim.	9/4 loth.	Piano $ré_3$	12 centim.	17/4 loth.
crescendo si_2	11	5/4	crescendo $ré_3$	16	13/4
si_2	13	3/4	$ré_3$	18	9/4
si_2	15	2/4	$ré_3$	20	5/4
Forte si_2	17	1/4	Forte $ré_3$	22	3/4
Piano $la\sharp_2$	8	9/4	Piano la_2	9	9/4
$la\sharp_2$	10	5/4	la_2	12	7/4
$la\sharp_2$	14	3/4	la_2	13	5/4
Forte $la\sharp_2$	14	1/4	Forte la_2	14	3/4
Piano mi_3	11	9/4	Piano si_2	8	9/4
mi_3	13	5/4	si_2	10	7/4
Forte mi_3	14	3/4	si_2	12	5/4
Piano fa_3	10	5/4	si_2	14	3/4
fa_3	12 1/4	3/4	Forte si_2	15	2/4
Forte fa_3	14	2/4	Piano mi_3	11	5/4
Piano $la\sharp_3$	11	9/4	mi_3	12	3/4
$la\sharp_3$	12	5/4	Forte mi_3	14	2/4
$la\sharp_3$	13	3/4	Piano fa_3	10	5/4
Forte $la\sharp_3$	15	2/4	fa_3	13	3/4
Piano la_2	8	9/4	Forte fa_3	14	2/4
la_2	11	5/4	Piano la_2	8	9/4
la_2	13	3/4	la_2	10	5/4
Forte la_2	14	2/4	la_2	12	3/4
			Forte la_2	14	1/4

On voit donc que la traction de haut en bas du cartilage thyroïde doit diminuer dans une proportion plus grande que la pression de l'air n'augmente, pour qu'un son soit fortifié, en conservant la même élévation.

Quand la pression de l'air augmentait du double au quadruple, la traction, agissant de la même manière que le muscle crico-thyroïdien, devait s'accroître de quatre à huit et seize fois pour que le son restât à la même élévation. Dans la seconde expérience, il fallut que, la pression de l'air montant de 8 à 14 ou de 4 à 7, la traction diminuât de 3 à 1 ; dans la troisième, la pression de l'air s'élevant de 8 à 14 ou de 4 à 7, la traction dut baisser de 9 à 1. Il n'y a que le rapport de la tension des cordes vocales elles-mêmes à la pression de l'air qui puisse donner une comparaison exacte. Les cordes vocales doivent être tirées, dans la direction de leur longueur, par un cordon qui passe sur une poulie. Cependant, comme l'attache du cartilage thyroïde au cartilage cricoïde met obstacle à la tension dans ce sens, il faut enlever avec précaution, sans léser la membrane muqueuse du larynx, le cartilage thyroïde tout entier, à l'exception de la partie antérieure, à laquelle s'attachent les cordes vocales. Il faut aussi enlever avec circonspection le ligament qui existe entre lui et le cartilage cricoïde. Enfin on peut encore enlever les muscles placés sur le côté des cordes vocales. On obtient ainsi une pièce sur laquelle la tension des cordes vocales peut être mesurée sans erreur au moyen d'un cordon qu'on attache au reste du cartilage thyroïde, immédiatement devant l'insertion des

cordes, qu'on dirige dans le sens même de ces dernières, qu'on fait passer sur une poulie, et qu'on charge de poids. Pour que la tension ait lieu uniformément dans toute la largeur des cordes vocales, il est indispensable de prendre un larynx dont le cartilage thyroïde soit ossifié, afin que l'angle de ce cartilage auquel on fixe le cordon ne cède point.

D'après l'analogie des ligaments de la glotte avec les cordes, on devrait croire que les sons croîtraient suivant la proportion des octaves, 1, 2, 4, 8, lorsque les forces tensives croîtraient elles-mêmes en raison de leurs carrés, 1, 4, 16, 64. Cependant, lorsqu'on porte la tension de 1 à 4, les sons restent fort au-dessous de l'octave, de manière qu'au lieu de celle-ci, on obtient, la plupart du temps, la quarte, la quinte, la sixte, ou des sons intermédiaires. La cause de cette différence ne m'est pas connue : peut-être faut-il l'attribuer à ce que c'est la pression de l'air qui fait parler les cordes vocales, ou à l'humidité de ces dernières, ou à ce qu'elles sont composées de nombreux trousseaux parallèles, qui se tendent inégalement. En quadruplant la plus faible tension des ligaments de la glotte, les sons ne montent que jusqu'à leur quarte et plus : si la tension était un peu plus forte, en la quadruplant, ils montent à leur quinte ; si elle était plus considérable encore, en la quadruplant, ils montent à leur sixte et plus. Cette différence dans l'élévation, suivant le degré de tension d'où l'on part, doit, sans doute, être attribuée à ce que, plus la tension devient forte, plus il faut de pression d'air pour faire sortir le son le plus faible ou le son fondamental des cordes vocales.

Il m'a paru intéressant de comparer, dans un même larynx, l'effet de la traction perpendiculaire sur le cartilage thyroïde avec celui de la traction horizontale sur les ligaments de la glotte. En conséquence, j'expérimentai d'abord la première; après quoi, je préparai le larynx, par l'ablation de la plus grande partie du cartilage thyroïde, afin de pouvoir étudier la seconde.

Sons. Fausset.	Tension par traction perpendiculaire.	Tension par traction horizontale.	Sons. Fausset.	Tension par traction perpendiculaire.	Tension par traction horizontale.
$ut\sharp_3$	0,25 loth, poids du plateau.	0	si_3	3,95	2,35
			ut_4	4,25	3,15
			$ut\sharp_4$	4,75	3,45
$ré_3$	0,45 loth, y compris le poids du plateau.	0,25 loth, poids du plateau.	$ré_4$	5,25	4,25
			$ré\sharp_4$	6,25	5,25
			mi_4	7,25	7,25
$ré\sharp_3$		0,35 loth, y compris le poids du plateau.	fa_4	8,25	9,25
			$fa\sharp_4$	9,25	11,75
			sol_4	10,25	14,25
mi_3	0,75	0,45	$sol\sharp_4$	11,25	16,25
fa_3	0,95	0,55	la_4	12,25	18,25
$fa\sharp_3$	1,35	0,75	$la\sharp_4$	13,25	20,25
sol_3	1,35	0,95	si_4		22,25
$sol\sharp_3$	2,25	1,25	ut_5	14,25	24,25
la_3	2,75	1,75	$ut\sharp_5$	15,25	25,25
$la\sharp^3$	3,15	1,95			

D'après cela, dans la traction horizontale, pour monter du son *ré*$_3$, produit par

le poids le plus faible, 1/4 de loth, à son octave $ré_4$, il fallait que le poids s'accrût de 0,25 à 4,25, ou de 1 : 17.

La tension était pour $ré_3$ et $ré_4$ :: 1 : 15
pour mi_3 et mi_4 :: 1 : 16
pour fa_3 et fa_4 :: 1 : 16
pour $fa\sharp_3$ et $fa\sharp_4$ :: 1 : 15
pour sol_3 et sol_4 :: 1 : 15
pour $sol\sharp_3$ et $sol\sharp_4$ :: 1 : 13
pour la_3 et la_4 :: 1 : 10
pour $la\sharp_3$ et $la\sharp_4$ :: 1 : 9
pour si_3 et si_4 :: 1 : 9
pour ut_4 et ut_5 :: 1 : 7
pour $ut\sharp_4$ et ut_5 :: 1 : 7

Le défaut de proportion entre l'ascension des sons et l'accroissement de la tension peut tenir à ce que, quand la tension devient plus forte, il faut une pression plus considérable de l'air pour faire sortir le son fondamental. Pour qu'on pût tirer des conclusions de cette expérience par rapport à la compensation, il faudrait que la pression inégale sous l'influence de laquelle se produit le premier son possible à une faible tension et à une tension plus forte, pût être réduite à une pression égale. Il est donc nécessaire d'avoir des expériences dans lesquelles chacun des sons produits par une tension croissante sorte sous une même pression moyenne de l'air. Telles sont les suivantes :

SONS. FAUSSET.	TENSION PAR TRACTION HORIZONTALE.	Pression de l'air. Colonne d'eau.	SONS. FAUSSET.	TENSION PAR TRACTION HORIZONTALE.	Pression de l'air. Colonne d'eau.
		pouces.			pouces.
1re expér. la_3	0,75 loth, y compris 0,25 poids du plateau et du cordon.	8	2e expér. $sol\sharp_3$	2,25	6
			la_3	2,75	6
$la\sharp_3$	1,25	8	$la\sharp_3$	3,25	6
si_3	2,25	8	si_3	3,75	6
ut_4	3,25	8	3e expér. $ré\sharp_3$	0,75	4
$ut\sharp_3$	4,25	8	mi_3	1,25	4
$ré_4$	6,25	8	fa_3	1,75	4
2e expér. fa_3	0,75	6	$fa\sharp_3$	2,25	4
$fa\sharp_3$	1,25	6	sol_3	2,75	4
sol_3	1,75	6	$sol\sharp_3$	4,25	4
			la_3	3,25	4

Dans la première expérience, lorsque la tension fut quadruplée, ce qui fait une octave avec les cordes, le son monta de moins d'une tierce ; dans la seconde expérience, sous l'influence d'un accroissement égal, la tension le fit monter d'une quarte, après quoi il dépassa la quarte ; dans la quatrième, il monta d'une quarte, puis après d'une quarte encore.

Les expériences suivantes ont été faites sur les sons de poitrine, timbre qu'on

peut obtenir en appliquant aux parties latérales des cordes vocales les branches d'u paire de pinces fixées.

SONS DE POITRINE.	TENSION PAR TRACTION HORIZONTALE.	SONS de poitrine.	SONS DE POITRINE.	TENSION PAR TRACTION HORIZONTALE.	SONS de poitrine
	lignes.	pouces.		lignes.	pouces.
1re expér. la_2	1,25 y compris le poids du cordonnet et du plateau.		3e expér. $ut\sharp_3$		8
			$ré_3$	3,25	8
			$ré\sharp_3$	4,25	8
$la\sharp_2$	1,45	8	mi_3	5,25	8
+ si_2	1,55	8	fa_3	7,75	8
ut_3	1,75	8	$fa\sharp_3$	11,25	8
$ut\sharp_3$	2,15	8	sol_3	14,75	8
$ré_3$	2,75	8	$sol\sharp_3$	19,25	8
$ré\sharp_3$	4,75	8	la_3	21,25	8
mi_3	5,75	8	$la\sharp_3$	25,55	8
fa_3	8,25	8	si_3		8
2e expér. ut_3	2,25	8	ut_4	31,25	8
$ut\sharp_3$	3,25	8	4e expér. $ut\sharp_3$	2,25	8
$ré_3$	4,25	8	$ré_3$	3,25	8
$ré\sharp_3$	5,25	8	$ré\sharp_3$	4,25	8
mi_3	6,25	8	mi_3	5,25	8
fa_3	7,25	8	fa_3	7,25	8
$fa\sharp_3$	8,25	8	$fa\sharp_3$	9,25	8
sol_3	12,25	8	sol_3		8
$sol\sharp_3$	16,25	8	$sol\sharp_3$	16,25	8
la_3	20,25	8	la_3	18,25	8
$la\sharp_3$		8	$la\sharp_3$	20,25	8
si_3		8	si_3	24,25	8
ut_4	29,25	8	ut_4	28,25	8
3e expér. si_2	1,25	8	$ut\sharp_4$	32,25	8
ut_3	2,25	8			

Dans la première expérience, la tension étant quadruplée, le son monta succes sivement de plus d'une quarte, et ensuite de moins d'une quarte ; dans la second il monta uniformément de plus d'une quarte; dans la troisième, il monta d'u quarte, de plus et moins d'une quarte, enfin d'une quinte ; dans la quatrième il monta d'abord environ d'une quarte, puis de plus d'une quarte, d'une quint et enfin de plus d'une quinte. Dans la seconde expérience, les tensions po ut_3 et ut_4 étaient :: 1 : 13, et la proportion serait à peu près la même da la première, si l'on cherchait par interpolation l'octave qui y manque. La pr portion des octaves est de 1 à 13,8 dans la troisième, de 1 à 14,3 dans la qu trième.

Dans la série actuelle d'expériences, le défaut de proportion dans l'ascension d sons par l'accroissement de la tension a été plus évitée que précédemment : néa moins elle n'a pas disparu tout à fait, car une tension plus forte avait, quant à l'a cension, un résultat proportionnellement un peu plus grand qu'une tension pl faible. Je crois qu'on est en droit d'attribuer ces différences à l'inégale tension q l'accroissement du souffle imprime aux fibres diverses des cordes vocales, do l'étendue est considérable, tant en largeur qu'en hauteur. Quiconque connaît structure de l'organe aperçoit qu'il y a impossibilité absolue de donner, du moi

par une traction horizontale, une tension parfaitement égale à toutes ses fibres. Cependant il ressort de ce qui précède que, terme moyen, lorsque la tension des cordes vocales devient quadruple, le son s'élève d'une quarte à une quinte, que l'élévation est d'une quarte et de moins d'une quinte par une tension faible, et de plus d'une quarte, d'une quinte et de plus d'une quinte par une tension plus forte; enfin qu'une élévation d'une octave, dans la partie moyenne de l'échelle, exige que la tension soit accrue treize à quatorze fois, ou un peu moins, ou plus.

Il va sans dire qu'on ne doit prendre ce résultat que pour une simple approximation. En multipliant et variant davantage les expériences, on en obtiendrait probablement d'autres, dont les uns resteraient au-dessous des rapports numériques énoncés, et les autres les dépasseraient plus ou moins, de manière qu'on se rapprocherait des termes de la série précédemment donnée, où le maximum était de 1 à 16 et le minimum de 1 à 7 pour les octaves. Cette même série nous apprend qu'il faudrait également s'attendre à des variations pour les quartes et les quintes, car la progression de 1 à 4 tomba d'abord au voisinage des quartes, et finalement bien au-dessus des quintes, même au delà des sixtes.

Nous pouvons maintenant comparer ensemble l'effet de la pression de l'air et celui de la tension directe. J'ai fait voir précédemment qu'il faut que la pression de l'air devienne cinq à huit fois plus forte, à égale tension des cordes vocales, pour élever un son à son octave, et qu'elle doit devenir à peu près double ou triple pour porter le son fondamental à la quarte et à la quinte.

La conclusion à tirer de là, c'est que, pour que la force de la voix monte jusqu'au forte, la hauteur des sons restant la même, la tension doit diminuer dans une bien plus grande proportion que la pression de l'air ne croît; que, quand celle-ci devient cinq à huit fois plus considérable, la tension doit devenir environ treize à quatorze fois moindre; enfin que, quand la pression de l'air monte au double et jusqu'au triple, ce qui produirait une quarte et jusqu'à une quinte, la tension, pour rabaisser le son à la hauteur du son fondamental, doit devenir quatre fois moins considérable, ou plus, ou moins.

Les expériences suivantes, faites directement sur la compensation, me paraissent s'accorder avec ce résultat, quand on prend la moyenne des variations, qui sont d'ailleurs assez fortes. Par les motifs que j'ai déduits précédemment, il faut éviter les tensions trop fortes et des cordes vocales et de l'air.

Sons semblables qui croissent en intensité.	Voix de fausset. Tension décroissante.	Pression de l'air croissante. Colonne d'eau de	Sons semblables qui croissent en intensité.	Voix de fausset. Tension décroissante.	Pression de l'air croissante. Colonne d'eau de
		pouces.			pouces.
Piano ut_4	4 loth.	3 1/2	Piano ut_4	4	2 1/2
ut_4	2	4	ut_4	2	3
ut_4	1	6	ut_4	1	4
Forte ut_4	1/2	8	Forte ut_4	1/2	5
Piano ut_4	4	3 1/2	Piano ut_4	4	3
ut_4	2	5	ut_4	2	4
ut_4	1	5 1/2	ut_4	1	5
Forte ut_4	1/2	7	Forte ut_4	1/2	6

Sons semblables qui croissent en intensité.	Voix de poitrine. Tension décroissante.	Pression de l'air croissante Colonne d'eau de	Sons semblables qui croissent en intensité.	Voix de poitrine. Tension décroissante.	Pression de l'air croissante. Colonne d'eau de
Piano si_2	4 loth.	6 pouc.	Piano ut_4	4 loth.	5 1/2 p.
si_2	2	8	ut_4	2	8 1/2
si_2	1	10	ut_4	1	10 1/2
Forte si_2	1 1/2	12	Forte ut_4	1/2	+12
Piano ut_3	4	6	Piano $la\sharp_3$	4	4 1/2
ut_3	2	9	$la\sharp_3$	2	7
Forte ut_3	1	11	Forte $la\sharp_3$	1	9
Piano $fa\sharp_3$	2	2 1/2	Piano $ré_3$	4	7
$fa\sharp_3$	1	5	$ré_3$	2	11
$fa\sharp_3$	1/2	7	$ré_3$	1	12
Forte $fa\sharp_3$	1/4	8	Forte re_3	1/2	13
Piano si_3	2	4 1/2	Piano $ut\sharp_4$	8	5
si_3	1	8	$ut\sharp_4$	4	8
Forte si_3	1/2	10	$ut\sharp_4$	2	11
			Forte $ut\sharp_4$	1	13

De tout cela il résulte, pour ce qui concerne, dans l'organe vocal humain, la compensation de la pression de l'air et de la tension des ligaments, que, quand la première monte de 1 à 2, la seconde doit baisser de 1 à 4, ou même de 1 à 8. Si la diminution de la tension demeurait dans la proportion de 4 : 1, quand l'accroissement de la pression de l'air est dans celle de 1 : 2, on pourrait dire que la première est en raison inverse des carrés de la seconde. Mais les expériences ne justifient nullement ces conclusions; car il y eut plusieurs cas où la tension dut diminuer dans la proportion de 8 : 1, quand la pression de l'air croissait dans celle de 1 : 2, et d'autres où la diminution de la tension flottait entre 4 : 1 et 8 : 1, lorsque l'accroissement de la pression était de 1 : 2. Nous éviterons donc, pour marcher en toute assurance, de nous exprimer avec trop de précision, et nous nous tiendrons à un résultat approximatif.

J'ai déjà prouvé que l'allongement et le raccourcissement du tube placé au-devant et en arrière des ligaments de la glotte, dans le larynx humain, n'exerce pas d'influence sensible sur la hauteur du son, et mes nouvelles expériences sur les sons de poitrine les plus forts le confirment pleinement.

Pour produire la voix de poitrine, dans laquelle la largeur entière des cordes vocales et toutes les parties environnantes vibrent violemment, et pour exclure le fausset, dans lequel les cordes ne vibrent que par leur bord seulement, il faut nécessairement que les ligaments de la glotte éprouvent une compression latérale que le muscle thyro-aryténoïdien exécute pendant la vie, mais qu'on opère, sur un larynx préparé, à l'aide des branches d'une paire de pinces. La question est de savoir si le degré de cette compression entre aussi en ligne de compte dans la compensation. Dans les expériences simples, une compression latérale légère suffit pour produire le registre de la voix de poitrine sur le larynx détaché du corps. On emploiera à cet effet les pinces représentées Pl. I, *fig.* 5, et dont la *fig.* 6 marque les positions sur l'organe vocal. Elles peuvent, à l'aide du mécanisme figuré sur la

planche, être placées en avant et en arrière, en haut et en bas. S'il doit rester encore assez de chevalet antérieur du larynx pour tendre les cordes vocales par une traction exercée de haut en bas sur le cartilage thyroïde (Pl. I, *fig.* 1), on se contente de retrancher la partie supérieure de ce cartilage et les parties molles jusqu'aux ligaments inférieurs de la glotte, ce qui procure la pièce Pl. I, *fig.* 4. Pour pouvoir appliquer commodément les branches des pinces aux ligaments, il est nécessaire de rendre libres le pourtour latéral de ces derniers et le muscle thyro-aryténoïdien qui les couvre ; alors on enfonce les pinces jusqu'à ce que leurs branches touchent les ligaments dans une étendue de 4 à 5 lignes ; au moyen de la vis que ces branches portent, et qui les unit ensemble, on peut rendre la pression plus forte et rétrécir de plus en plus la glotte. Plus les sons de poitrine deviennent élevés, plus la glotte doit être étroite pour qu'ils parlent bien, et plus il faut serrer la vis. La plus grande détente des cordes vocales qu'on puisse obtenir est le résultat de la traction d'un cordon (*y*, Pl. I, *fig.* 3 et *fig.* 6) fixé dans l'angle du cartilage thyroïde, qui traverse une fente du pilier de bois (N) par lequel le larynx est supporté, passe sur une poulie (en *y'*), et peut être chargé de poids à volonté. Toute tension par-devant ayant cessé, ce n'est que par ce mode de détente qu'on obtient les sons de poitrine les plus graves.

Veut-on se servir d'une tension des ligaments produite par une traction s'exerçant dans la direction de leur longueur et mesurable à l'aide de poids : il faut naturellement détacher le chevalet antérieur de son point d'appui, et couper le cartilage thyroïde entier, sans offenser la cavité du larynx, jusqu'à l'attache antérieure des cordes vocales. On a, de cette manière, la préparation Pl. I, *fig.* 3. Alors il est plus facile encore d'appliquer les branches des pinces.

Quand il s'agit d'expériences plus précises sur l'effet que la compression latérale des ligaments de la glotte produit relativement à la voix de poitrine, les pinces représentées Pl. I, *fig.* 5 ne suffisent point, car on ne peut mesurer ni le rapprochement de leurs branches, ni par conséquent la pression qu'elles exercent. On a recours, pour mesurer ce rapprochement, au compresseur Pl. I, *fig.* 7, qui peut être appliqué et mû de la même manière que les pinces *fig.* 5 sur l'appareil de la *fig.* 6.

Les branches du compresseur passent dans une fente au côté inférieur de la pièce *a b* : elles se rapprochent et s'écartent l'une de l'autre à l'aide de la vis *c d*, tournée en deux directions opposées ; en *f* se trouve l'échelle, divisée en millimètres. Le prolongement *e* se meut en même temps que la branche *g* et sert à faciliter la lecture des divisions de l'échelle. Les deux branches *g* et *h* se meuvent toujours ensemble, et s'écartent ou se rapprochent d'une égale quantité du commencement de l'échelle.

Le compresseur Pl. I, *fig.* 9, peut être appliqué de la même manière à l'appareil Pl. II, *fig.* 10. Il sert à mesurer la pression des branches par les poids. Les tiges des branches *c d* sont mobiles dans une fente de la pièce transversale *a b*, et peuvent être fixées à volonté par des vis ; les branches elles-mêmes, *e f*, sont mobiles à charnière sur les tiges *c d* ; *g h* sont des cordons qui meuvent les branches l'une par rapport à l'autre, et peuvent être tirés par des poids, comme l'explique l'appareil représenté Pl. II, *fig.* 10.

Dans les nombreuses expériences que j'ai faites sur la voix de poitrine, tantôt l'accroissement de la pression des branches a influé sur la hauteur du son, et

tantôt aussi elle n'a exercé aucune influence en dedans de certaines limites. Ceci prouve que l'élévation du son, quand la tension reste la même et que la compression des ligaments devient plus forte, doit dépendre d'une circonstance accessoire, et que, quand cette circonstance cesse d'agir, les variations qu'on peut faire subir à la compression, sans néanmoins sortir de certaines limites, n'influent point sur la hauteur du son. Un exemple de la première espèce est fourni par l'expérience suivante, dans laquelle la pression sur les ligaments était mesurée par des poids.

TENSION des cordes vocales.	SONS.	PRESSION sur les ligaments de chaque côté.	TENSION des cordes vocales.	SONS.	PRESSION sur les ligaments de chaque côté.
0	si_3	6,25 loth, y compris 0,25 poids du plateau et du cordon.		$ré\sharp_3$	4,25
				$ré_3$	3,75
	la_3	5,75		ut_3	3,25
	sol_3	5,25		si_2	2,75
	fa_3	4,75		la_2	2,25
				sol_2	1,75

Je crois avoir remarqué que l'élévation du son, par suite de la compression des cordes vocales, arrivait toujours, soit lorsque cette compression agissait en même temps sur la tension des ligaments, ou rétrécissait plus spécialement une partie de la glotte, et diminuait par là la longueur des parties vibrantes, soit quand la pression de l'air augmentait. Plus la pression sur les ligaments devient considérable, plus aussi, en général, on est obligé de renforcer la pression de l'air pour obtenir les sons. Mais il résulte de là que le ton hausse. Il y eut certains cas dans lesquels les sons s'élevèrent, bien que la pression de l'air mesurée à l'aide du manomètre ne changeât point ; mais alors cet effet paraissait dépendre d'une des causes que j'ai indiquées. Quoi qu'il en soit, j'ai quelquefois réussi à maintenir les sons à la même hauteur, en accroissant la compression des ligaments, bien que la pression moyenne de l'air demeurât la même, comme l'annonçait le manomètre. Le son resta le même, quant à l'élévation, dans un cas où la compression s'éleva graduellement depuis le minimum jusqu'à six loth de chaque côté. Mais ce qui rend une forte compression toujours nécessaire pour produire les sons élevés de poitrine, c'est qu'en accroissant la pression de l'air par le souffle, on obtient des sons bien plus élevés quand la glotte est étroite que quand elle ne l'est pas. La tension ne suffit pas, comme je l'ai démontré, pour produire les sons élevés de poitrine. Plus les cordes vocales sont tendues, plus aussi les sons de fausset ont de facilité à sortir. Dans les cas où le son restait le même quant à la hauteur, la tension ne changeant pas, mais la compression des cordes vocales croissant, le son variait beaucoup en égard à l'éclat, suivant le degré de cette compression. A un certain degré de pression, les sons de poitrine étaient aussi pleins qu'ils pouvaient l'être ; si l'on poussait plus loin la pression, ils perdaient de leur volume, et prenaient un caractère de faiblesse filée, que nous pouvons également leur donner, sur nous-mêmes, par des moyens artificiels.

A cet égard donc l'organe vocal de l'homme possède une nouvelle condition qui lui permet d'apporter de grandes variétés dans l'éclat de ses sons, et l'on est

surpris de pouvoir pousser si loin l'appréciation physique des moyens que nous admirons dans la modulation des chanteurs. Cet organe peut donner les mêmes sons, pleins et filés, avec les nuances les plus diversifiées ; l'étude et l'exercice procurent au chanteur la conscience de tous ces moyens, et lui enseignent à les employer de manière à ne produire que les sons les plus agréables.

Tous les faits dont il a été question jusqu'ici peuvent être observés sur des larynx qui n'ont que les ligaments inférieurs de la glotte, auxquels on a enlevé les ligaments supérieurs et les ventricules de Morgagni. C'est de cette manière qu'on doit faire d'abord les expériences, dans toute leur étendue ; car il faut connaître les effets de tous les éléments l'un après l'autre avant d'étudier la part qu'ils prennent au mécanisme considéré dans son ensemble.

Je n'ai point négligé de rechercher la part qui revient aux parois élastiques situées au-dessus des ligaments inférieurs de la glotte.

Le premier pas consiste à faire des expériences sur des larynx possédant encore l'épiglotte, les ligaments supérieurs et les ventricules de Morgagni. La marche à suivre est la même que pour les précédentes. Il faut attacher ensemble les bases des cartilages aryténoïdes, et les fixer comme paroi postérieure du larynx. On ne tarde pas à se convaincre que les sons sont absolument les mêmes, quant à l'éclat, et qu'il n'y a là aucun élément nouveau à découvrir. Pour obtenir la voix de poitrine, il est également nécessaire de rapprocher les cordes vocales l'une de l'autre par une pression latérale. Je me suis demandé si les ligaments supérieurs de la glotte, qui tiennent aux inférieurs par le revêtement élastique des ventricules, ne seraient pas peut-être dans un tel rapport de compensation avec les cordes vocales, que, par exemple, les tensions inégales des uns ou des autres se compensassent mutuellement ; car la théorie indique qu'un son correspondant à la tension des ligaments inférieurs serait rendu plus grave par une tension moindre des supérieurs, et *vice versa*. Pour éclaircir ce point, j'ai déterminé, sur un même larynx demeurant fixé, d'abord le son le plus élevé qu'il est possible d'obtenir par le maximum de la tension, lorsque les ligaments supérieurs et les ventricules de Morgagni existent, puis celui qu'on obtient après l'ablation de ces parties. Mais les ligaments supérieurs ne modifient pas sensiblement la hauteur du son. Ce qui prouve déjà que ni eux, ni les ventricules ne sont nécessaires à la formation de la voix, c'est qu'ils manquent chez beaucoup de mammifères, notamment les ruminants. Mais ils doivent contribuer à renforcer l'éclat, et on les voit, ainsi que les parois des ventricules, vibrer fortement, surtout dans la voix de poitrine ; ce qui, du reste, leur est commun avec toutes les membranes élastiques du larynx et avec le ligament crico-thyroïdien. Ce n'est que quand les ligaments supérieurs sont très rapprochés qu'ils donnent des sons propres. L'épiglotte fait également entendre des sons bourdonnants, lorsqu'on la place dans une certaine situation par rapport au courant d'air ; ces sons diffèrent beaucoup de ceux des ligaments inférieurs.

L'abaissement de l'épiglotte change beaucoup le timbre de la voix, mais en altère à peine l'élévation. Il faut néanmoins éviter, en abaissant cet appendice, d'exercer aucune tension sur les membranes élastiques qui ont des connexions tant avec lui qu'avec les cordes vocales ; autrement, et la chose est très facile, le son s'élève, comme on le conçoit bien. Pour échapper à toute erreur, le mieux est d'exciser l'épiglotte, de la saisir avec des pinces, et de s'en servir alors pour

couvrir et découvrir alternativement l'entrée du larynx. Dans les anches de caoutchouc, un obturateur placé au-devant des rubans élève le son avec une grande facilité, ainsi que je l'ai montré ailleurs, et, d'après la théorie, on devrait s'attendre ici à un effet semblable de la part de l'épiglotte. Cependant à peine ai-je pu quelquefois reconnaître un changement appréciable. Du reste, l'ablation totale de l'épiglotte ne change pas la voix d'une manière essentielle. Cet appendice n'empêche pas que le son s'élève quand le souffle devient plus fort. Chez l'homme vivant, le rétrécissement de l'isthme supérieur de la glotte au moyen de la langue, et avec le secours de l'épiglotte, change le timbre de la voix jusqu'à la rendre nasillarde, et permet d'imiter la voix des animaux, ainsi que celles qui sont particulières à chaque individu.

Dans les expériences sur la production de la voix de poitrine par des larynx préparés suivant la manière que j'ai indiquée, il sort des sons de poitrine qui ont une ressemblance parfaite avec ceux de la voix humaine, quoique toutes les parties situées au-dessus des ligaments inférieurs de la glotte aient été retranchées. J'en ai fait d'autres aussi dans lesquelles je conservais non seulement les ventricules de Morgagni, les ligaments supérieurs et l'épiglotte, mais de plus l'arrière-gorge, avec le nez et la bouche; ici non plus je n'ai pu découvrir aucun nouvel élément; mais le timbre devient plus semblable encore à celui de la voix humaine; la ressemblance va même si loin, au moyen de dispositions dont je vais parler, qu'il n'y a plus aucune différence entre la machine et le corps vivant. Ces expériences présentent beaucoup plus de difficultés que les précédentes. Il s'agit également de fixer le larynx, et de le soumettre aux mesures et aux poids.

Voici comment je procède :

Je coupe la tête d'un cadavre, de manière que l'appareil vocal entier et une partie de la trachée-artère y demeurent adhérents. J'enlève alors les vertèbres du cou, comme pour la préparation du pharynx, je mets le larynx à découvert en avant, j'ouvre le pharynx derrière les cartilages aryténoïdes, et je traverse ceux-ci d'une forte aiguille, sur laquelle je les attache; je fais passer la ligature par la fente pratiquée au pharynx, puis je recouds ce dernier, et je le ferme, par un lien à son extrémité inférieure. Alors je suspends la tête, je fixe, comme d'ordinaire (Pl. II, *fig.* 12), la paroi postérieure de l'organe vocal à un pilier, et j'attache surtout la partie de cette paroi, formée par les cartilages aryténoïdes, au moyen de la ligature dont il a été parlé plus haut. Cela fait, j'excise le cartilage thyroïde jusqu'à l'insertion des cordes vocales, sans léser la membrane muqueuse du larynx; j'attache à la portion restante de ce dernier cartilage un lien dont l'usage est de tendre horizontalement les ligaments inférieurs de la glotte, et que je fais passer sur une poulie.

Pour comprimer les cordes vocales, j'emploie un appareil particulier, représenté Pl. II, *fig.* 11. Ce n'est qu'une modification du compresseur représenté Pl. I, *fig.* 7.

Des branches du compresseur partent, en direction verticale, deux autres branches, qui sont arquées, comme la figure l'indique. Le compresseur est disposé ainsi que le représente la Pl. II, *fig.* 12, et il comprime les régions des cordes vocales. On ne peut rien dire de plus : chacun connaîtra bientôt la situation des pinces et la force de pression nécessaire pour produire un bon son, en variant les circonstances.

ces expériences, on voit avec quelle force le revêtement élastique des ven- de Morgagni et la membrane obturatrice tendue entre l'hyoïde et le larynx pendant les sons de poitrine.

…ut même, en faisant remuer les lèvres, amener la formation de quelques …es ; l'*m* et le *v* sortent très facilement, comme aussi les voyelles *ou* et *a*, en …nt le changement nécessaire à l'ouverture de la bouche.

…irconstance qui mérite encore d'être mentionnée, c'est l'étendue de la voix …arynx préparés, comparée à celle de la voix des hommes vivants. J'ai déjà …a tendant davantage les ligaments, on peut obtenir, sur les larynx d'indi- …a sexe masculin, des sons beaucoup plus aigus que la voix de l'homme …est communément capable d'en produire. Dans les expériences que j'ai …es, il fut possible d'atteindre, par la tension des ligaments, au delà de …âves, depuis *la*$\sharp_2$ jusqu'à *ré*$\sharp_5$. Il ne faut cependant pas croire que ce soit …contradiction entre l'expérience faite sur des parties mortes et la nature …Ce registre de *la*$\sharp_2$ à *ré*$\sharp_5$ est assurément en partie beaucoup plus élevé …i de la voix des individus appartenant au sexe masculin ; mais le larynx …donnait aussi les sons plus graves de la voix de l'homme, par une détente …de encore des cordes vocales que celles qu'elles éprouvent dans l'état où …blent ne plus être tendues. Comme le ligament crico-thyroïdien, qui est …, tire encore sur le chevalet antérieur, alors même que les cordes vocales …t être lâches, le maximum de détente ne peut naturellement être obtenu …une traction en sens inverse, en rapprochant le cartilage thyroïde de la …térieure du larynx par le moyen d'un lien chargé de poids, mouvement …uscle thyro-aryténoïdien a le pouvoir d'exécuter. Si, en même temps, …s vocales éprouvent une compression latérale, que ce muscle exerce éga- …ar elles durant la vie, on obtient sans peine *ut*$_2$ et *si*$_1$, et par conséquent …à aux sons les plus graves de la voix de l'homme : c'est ce que prouve une …ce que j'ai rapportée précédemment, dans laquelle le larynx donnait, …poids de 3 loth tirant de haut en bas, pour tendre les cordes vocales, *mi*$_3$, …un poids de 37 loth *ré*$\sharp_5$. La détente de l'état qui produisait *mi*$_3$ fut opérée …ien tendu de l'incisure du cartilage thyroïde à la partie postérieure, en …ur une poulie. Plus on chargeait ce lien de poids, plus les sons devenaient

…s.	POIDS pour relâcher les cordes vocales.	SONS.	POIDS pour relâcher les cordes vocales.
…$\sharp_2$	3/10 loth.	*mi*$_2$ et *sol*$_2$ l'un après l'autre.	2 2/10
…$_2$	1/2		
…$\sharp_2$	1	*mi*$_2$	2 4/10
…$_2$	1 3/10	*ré*$\sharp_2$	2 6/10
…$_2$	1 4/10	*ré*$_2$	2 8/10
…$\sharp_2$	1 1/2	*ut*$\sharp_2$	3 5/10
…$_2$	1 7/10	*si*$_1$	3. 3/10

…ême larynx, dont les sons pouvaient être poussés jusqu'à *ré*$\sharp_5$ par tension, …ceptible, par le maximum de la détente, d'abaisser ses sons jusqu'à *si*$_1$. Je

n'en ai jamais rencontré de meilleur dans mes nombreuses expériences. Ains tous les sons de la voix des individus masculins peuvent être imités avec le lary détaché du corps, et l'on va même plus loin dans le haut. Si le larynx de l'hom vivant ne monte pas autant, l'explication, aussi simple que vraisemblable, en que les muscles ne sont pas capables de produire une tension aussi considéral que celle qu'on obtient, sur le cadavre, avec des poids.

J'ai prouvé que l'organe vocal de l'homme et des mammifères est une anche languettes membraneuses. Jadis on se faisait une idée trop restreinte des anch en supposant qu'il fallait de toute nécessité que le courant de l'air fût complé ment interrompu à chaque double impulsion ou vibration de cet air. Le mê instrument à languettes membraneuses ne perd point le caractère de ses sons, q l'interruption soit complète ou incomplète, et les vibrations d'une lame membr neuse conservent le même caractère lorsqu'elles ont lieu librement dans l'a comme je l'ai également démontré. Les conditions exigibles dans un instrum à anche, outre la colonne d'air covibrante et modifiant le son de la languette, peut exister, mais peut aussi manquer, ces conditions sont au nombre de troi 1° une lame de métal, de bois, de membrane, susceptible d'être mise en vib tion, et qui peut être large ou étroite, qui peut même n'être qu'un ruban an logue à une corde; 2° un courant d'air qui, d'après la force du choc, modi l'élévation du son primitif de lame; 3° une interruption partielle ou totale courant d'air entre les vibrations ou les chocs. L'interruption partielle du cour d'air a lieu même encore alors qu'on fait parler librement dans l'air une langue membraneuse par un courant d'air délié qui vient la frapper; car ce courant repousse, et, en revenant sur elle-même, en vertu de son élasticité, elle l'int rompt partiellement jusqu'à ce qu'elle soit de nouveau repoussée. Plus l'interru tion du courant d'air est complète, plus les sons de l'anche ont d'éclat.

J'ai fait remarquer que les vibrations de la lame contribuent autant que interruptions du courant d'air à l'éclat des sons des instruments à anche. Dans ce de ces instruments qui ont des languettes membraneuses, le timbre particulier son de la membrane, qui est fort différent de celui de l'air seul, dépend beauco des vibrations de la languette. On peut se convaincre, par des expériences direct de la part qui, dans les sons des instruments à anche, revient à la languette et celle qui appartient à l'air. Lorsqu'on se bouche les oreilles avec des tampons papier mâché, et qu'on tient une verge appliquée au tampon, cette verge est a à recevoir parfaitement les vibrations de parties solides, et à les transmettre a parties solides de l'organe auditif, avec lesquelles elle communique. Mais, en qualité de corps solide, elle n'est point aussi propre à bien conduire les vibrati de l'anche elle-même. Si l'on se sert d'un larynx artificiel à languette de cao chouc, on applique cette verge à l'anneau ou au tuyau sur lequel les languet sont tendues; si l'on opère sur un larynx naturel, on la met en contact avec cartilage. On perçoit très bien les vibrations de cette manière. Au contraire, s la verge et le bouchon dans l'oreille, les vibrations de l'air de l'instrument s celles qu'on entend le mieux, parce que l'air est le meilleur conducteur pour vibrations de l'air.

Dans une expérience comparative pour entendre avec une verge les covibrati du tuyau d'une flûte, instrument où l'air seul produit le son, on entend bien au

ce dernier, mais faible proportionnellement, et dans tous les cas on le perçoit plus faiblement que les vibrations des parties solides d'un instrument à anche.

SONS BUCCAUX PRODUITS PAR L'HOMME.

L'homme peut aussi produire un grand nombre de sons avec sa bouche. Je fais abstraction ici de toutes les espèces de bruits qui sont possibles dans cette cavité, et dont je traiterai plus loin, en m'occupant de la parole; je n'entends parler maintenant que de simples sons. Des sons analogues à ceux des tuyaux à bouche peuvent se produire tant dans la partie antérieure que dans la partie postérieure de la cavité orale, et de plus il y a aussi dans la bouche un registre de sons auxquels l'air donne naissance.

1° Sons buccaux produits par des membranes vibrantes.

Ici se rangent les sons ronflants qui s'engendrent au voile du palais et aux lèvres.

1. Sons produits au voile du palais.

Les véritables sons du voile palatin sont ceux qui caractérisent l'exscréation et le ronflement. Dans les deux cas, les piliers sont mis en mouvement, par le courant d'air, à la façon des languettes membraneuses. Les sons sortent d'autant plus facilement que les piliers sont plus contractés, et ils peuvent avoir lieu soit quand la bouche est ouverte et le nez bouché, soit quand le nez est libre et la bouche close.

La langue vibre de la même manière lorsqu'elle s'applique au palais pour former la lettre *r* ; mais ses vibrations sont trop courtes pour donner lieu à un son ; il n'en résulte que du bruit.

2. Sons produits aux lèvres.

L'air comprimé, en traversant les lèvres, produit, en faisant vibrer ou la totalité de ces appendices, ou seulement leur bord, des sons dont l'élévation varie selon leur degré de tension. Si je place un tuyau au-devant de la bouche, et que je l'allonge, l'élévation du son labial subit une modification, de même qu'il arrive, en pareille circonstance, au son des languettes de caoutchouc.

Les sons qu'on produit en soufflant entre deux doigts rapprochés l'un de l'autre sont de la même espèce.

2° Sons de la bouche produits par la résonnance de l'air.

A cette catégorie appartient le sifflement avec les lèvres. Ce sifflement a été attribué aux vibrations des lèvres. Mais on n'a pas de peine à se convaincre que celles-ci demeurent en repos pendant qu'il s'exécute, car non seulement on peut les toucher du doigt et les couvrir, mais encore, comme l'a fait Cagniard-Latour, on peut produire les mêmes sons avec un disque de carton percé dans le milieu, qu'on tient entre les lèvres. J'obtiens encore un son grave en prenant entre mes lèvres un disque d'ivoire, et aspirant l'air à travers une ouverture d'un diamètre de quatre lignes, qu'il présente à sa partie moyenne. La théorie de Cagniard-Latour me semble parfaitement exacte. L'agent producteur du son est l'air qui frotte contre les parois du canal. On sait que le frottement des corps produit des sons lorsqu'il est intermittent. Tels sont ceux qu'on obtient en frottant avec le doigt une surface lisse, par exemple le bord d'un verre, ou en tournant dans un cylindre de verre une baguette couverte d'étoffe, etc. L'air donne lieu à un son par

frottement, lorsqu'il passe à travers une fente étroite d'un corps dur, dont les bords ne peuvent être assimilés aux lèvres d'une anche. On ne sait pas encore bien comment s'opère ici l'intermission du frottement, mais le fait est indubitable. Le son qu'on excite en frottant le verre tient évidemment, comme celui qui dépend de l'action d'un archet, à des interruptions périodiques du frottement par suite de l'adhésion du doigt, de même que, quand on pose le doigt sur une table, et qu'on le pousse en avant, le mouvement se trouve interrompu d'une manière périodique. Mais que le mouvement de l'air qui passe sur les bords d'une fente soit interrompu périodiquement par le frottement, c'est ce qu'il est plus facile de présumer que de démontrer. La possibilité que l'air adhère à l'eau nous est prouvée d'une manière évidente par les lames frisées que le vent excite à la surface du liquide.

Cagniard-Latour me paraît n'avoir point eu assez égard à la cavité orale dans l'explication qu'il a donnée du sifflement avec les lèvres. Il cherche à réfuter l'analogie avec un tuyau à bouche. Cependant cette analogie me semble très grande. Savart a montré qu'on peut encore produire des sons avec l'embouchure d'un tuyau à bouche, de sorte que, rigoureusement parlant, dans ces sortes de tuyau, c'est l'embouchure ou la lèvre qui excite le son et détermine l'air à vibrer, mais que la vibration du tuyau est changée par la colonne d'air. Il paraît en être de même dans le sifflement avec la bouche ; la cause de la vibration se trouve à l'embouchure des lèvres ou du disque de liége, et consiste en un frottement ; mais cette vibration fait vibrer la colonne d'air de la cavité orale, par le nombre des vibrations de laquelle elle est à son tour déterminée. L'effet diffère aussi en ce que, chez l'homme qui siffle, l'air entre en mouvement dans le tuyau de l'embouchure à la fois, de manière à former un courant d'air progressif, tandis que, dans un tuyau à bouche, il ne forme pas courant hors du temps des vibrations soutenues.

Cette explication se concilie très bien avec les faits que l'expérience nous fournit, eu égard au changement des sons du sifflement par la bouche. En effet, ces sons changent :

1° Quand on souffle plus fort, sans changer ni l'ouverture ni la situation de la langue ; c'est précisément ce qui a lieu dans les petits tuyaux à bouche, longs de deux pouces et moins, dont on peut accroître considérablement l'élévation, sans que les intervalles soient observés ;

2° Quand on change l'ouverture des lèvres, d'où résulte un effet semblable à celui que produit une ouverture ou plus grande ou plus petite de l'embouchure des tuyaux à bouche ;

3° Quand on change le tuyau ou la cavité orale. Les sons deviennent plus graves lorsqu'on retire la pointe de la langue en arrière, et plus aigus lorsqu'on la porte en avant. Ce changement ressemble à ceux qu'on opère en modifiant la longueur et l'ampleur des tuyaux à bouche. Ils marchent aussi parallèlement à ceux qu'on observe dans la guimbarde. Dans le sifflement, les vibrations sont dues au frottement de l'air pendant son passage à travers l'ouverture des lèvres ; dans la guimbarde, elles proviennent du battement de la languette ou de l'aspiration de l'air ; dans un cas comme dans l'autre, le son produit diffère, toutes choses égales d'ailleurs, en raison de la forme de la cavité orale et de la situation de la langue.

VOIX DES MAMMIFÈRES.

Les causes de la voix, chez les mammifères, sont, quant aux points essentiels, es mêmes absolument que chez l'homme. Tout ce qui a été dit plus haut s'applique à ces animaux. Le son est fourni par les ligaments inférieurs de la glotte. Une fois que l'on connaît la cause des sons graves et forts par le relâchement des ordes vocales de l'homme, on ne trouve pas surprenant que ces ligaments donnent es sons graves des bêtes à cornes, etc. ; en effet, on les voit vibrer dans les expéiences faites sur le larynx du bœuf, et le son en est grave et fort, quand ils sont elâchés. Les ligaments supérieurs de la glotte et les ventricules de Morgagni manquent chez les ruminants, ce qui prouve qu'ils ne sont point nécessaires à la proluction des sons graves (1). Les solipèdes ont un ligament supérieur de la glotte. Dans le cheval, la membrane muqueuse forme aussi, au-dessous de l'épiglotte, un pli semi-circulaire, qui va d'un ligament à l'autre (2). Ce pli n'existe pas chez l'âne, non plus que chez le mulet (3). Le cheval a au-dessous de lui une cavité infundibuliforme, et au-dessus une seconde cavité, qui est plus spacieuse dans l'âne et le mulet. Ces derniers ont de grands ventricules de Morgagni ; ceux du cheval présentent des ouvertures étroites et plus rapprochées de l'épiglotte (4). Le cochon a aussi un vaste sac membraneux au-dessous de l'épiglotte. L'anatomie du larynx des mammifères appartenant à d'autres ordres a été si complétement exposée par Brandt (5), que je puis renvoyer au travail de cet anatomiste.

Chez les singes, la partie principale de l'organe vocal ne change pas, mais les parties résonnantes offrent souvent des dispositions particulières. Ainsi l'orang-outang a un sac entre le cartilage thyroïde et l'hyoïde ; Cuvier a aussi trouvé un sac membraneux au-dessous de l'hyoïde du mandrill, du papion et du macaque. Mais le plus grand appareil de résonnance est celui des singes hurleurs du nouveau monde, qui consiste en une dilatation de leur hyoïde et de leur cartilage thyroïde, en des sacs latéraux partant des ventricules, et en des sacs laryngo-pharyngiens, dont Brandt a donné la description. Chez les animaux, l'épiglotte a une forme toute spéciale et une grandeur considérable. Chez les sapajous, comme l'a fait voir Cuvier, l'agrandissement des cartilages de Wrisberg, leur forme et celle de l'épi-

(1) *Cons.* les recherches de Lehfeldt sur le larynx de plusieurs mammifères, dans l'ouvrage précité.

(2) NOTE DE M. SECOND. Hérissant (*Académie des sciences*, 1753) a recherché dans le larynx du cheval l'organe auquel il faut rapporter les sons aigus de la première partie du hennissement. Dans un mémoire particulier sur les phénomènes comparés de la voix inspiratoire chez différents animaux supérieurs, j'ai donné un moyen de vérifier la vraie nature de ces sons aigus. Les replis de la glotte du cheval sont les organes des sons graves et aigus produits pendant le hennissement ; seulement pour ceux-ci le cheval inspire, et pour ceux-là il expire. Pendant l'hiver cette vérification est très simple par l'observation de la vapeur d'eau devenue visible à sa sortie du poumon. On voit cette exhalation s'interrompre pendant toute la première période du hennissement, et se montrer brusquement à la face, pendant la production des sons rauques qui terminent ce phénomène vocal.

(3) GURLT, *Vergleichende Anatomie der Haussaugethiere*, t. II, p. 167.

(4) GURLT, *loc. cit.*, p. 167.

(5) *Diss. de mammalium quorumdam praesertim quadrumanorum vocis instrumento.* Berlin, 1826.

glotte, donnent naissance à un canal recourbé en forme d'S. La voix de ces quadrumanes est sifflante. Brandt est entré dans de grands détails sur les cartilages cunéiformes, qui sont souvent si grands chez les mammifères, et sur des cartilages particuliers qu'offre leur larynx (1).

VOIX DES REPTILES.

Parmi les reptiles, le crocodile, les grenouilles, les crapauds et les pipas doivent être pris en considération par rapport à la voix, qui, chez eux, naît dans le larynx, comme celle des mammifères.

Le larynx du crocodile possède de très fortes cordes vocales, ou lèvres de la glotte, qui ont, au-dessous d'elles, un ventricule spacieux, de chaque côté. Elles se trouvent, de chaque côté, sur une bandelette cartilagineuse arquée, dont les extrémités antérieure et postérieure sont fixées en avant et en arrière au pourtour supérieur d'un cartilage annulaire. Ces lèvres épaisses, quand on souffle par la trachée-artère, entrent en vibration de la même manière absolument que les cordes vocales de l'homme. Les sons que j'ai obtenus de cette manière sur le larynx de l'*Alligator lucius* ressemblaient aux sons de fausset de la voix humaine.

Dans la grenouille mâle, les cordes vocales sont doubles. L'inférieure forme un pli au pourtour extérieur de l'entrée de la bronche dans le larynx. La supérieure est la principale, et fait une forte saillie dans la cavité laryngienne, tendue d'avant en arrière sur le grand cartilage aryténoïde, qui a la forme d'une coquille. Ce n'est pas un simple pli transversal : la portion élastique du ligament se trouve au bord libre du pli, et forme une plaque avec le bord semi-circulaire supérieur et inférieur. Les faces internes de ces plaques ou ligaments renferment la glotte. Leur pourtour extérieur est uni, par le pli de la membrane muqueuse, avec la paroi externe du larynx, notamment du cartilage aryténoïde. Les mouvements de ce dernier changent la position des ligaments par rapport au courant d'air. La paroi inférieure, qui unit les cordes vocales avec la paroi latérale du larynx, est tellement maintenue par un petit frein perpendiculaire, que les cordes ne peuvent pas se porter trop en haut. Quelques espèces de grenouilles ont dans le ligament vocal un petit cartilage, dont Mayer a donné la figure d'après le *Bufo lazarus*. C'est une répétition de ce que Savart a observé chez plusieurs oiseaux chanteurs.

Il m'a été assez facile de tirer des sons aigus et des sons graves des cordes vocales de la grenouille, en soufflant par les orifices inférieurs du larynx. L'air libre même en produit quelquefois sur le larynx détaché du corps. Les sacs laryngiens des mâles, qui communiquent avec la bouche par des ouvertures, ne peuvent être gonflés entièrement par l'animal que quand la bouche et le nez sont fermés. Le croassement ne saurait tenir à cela seulement, car l'ouverture qui mène dans les sacs ne renferme aucune partie qui puisse entrer aisément en vibration par l'insufflation de ces cavités. Au reste, les sacs laryngiens permettent à la grenouille mâle de produire sa voix dans le larynx en fermant la bouche et le nez, car l'air qui résonne en passant auprès des cordes vocales peut s'écouler dans leur intérieur.

(1) *Voy.* l'explication de la planche III, pour plus de détails sur ces appareils de résonance.

Lorsque nous faisons sortir notre voix avec force en fermant la bouche et bouchant le nez, les joues se gonflent.

L'organe vocal du pipa mâle présente une anomalie particulière, en ce que les sons y sont produits par des corps solides qui vibrent. La trachée-artère manque, comme chez les batraciens en général, et les bronches sortent immédiatement du larynx. Celui-ci forme une vaste poche cartilagineuse, décrite par Rudolphi, laquelle reçoit l'air en devant par la glotte. Dans l'intérieur de cette poche se trouvent deux tiges cartilagineuses, presque aussi longues qu'elle, et dont Mayer a donné la description (1). Ce ne sont pas des battants libres et mobiles, comme celui d'une cloche, car leur extrémité antérieure est fixée par une articulation ; la postérieure, libre, se trouve précisément en face de l'orifice de chaque bronche. Le bord de l'ouverture de la bronche dans la poche présente une languette membraneuse mince, qui est surtout bien prononcée en dehors. Ces tiges agissent comme des languettes en forme de verges, ou comme un diapason, tandis que les organes vocaux ordinaires des animaux sont membraneux. Lorsqu'on en fixe une par l'une de ses extrémités, et qu'on souffle sur le bord de l'autre bout avec un petit tube, on obtient une espèce de bourdonnement, du moins quand l'expérience réussit. Cependant il faut avoir égard aussi au rebord membraneux qui garnit l'entrée de la glotte, et qui doit pouvoir être mis d'autant plus aisément en vibration que les tiges bouchent partiellement l'orifice des bronches. La mise en vibration de ces tiges par leur extrémité antérieure, là où elles bornent la glotte par leur bord interne saillant, est possible aussi ; toutefois il n'y a point de cordes vocales sur ce point. Lorsque Cagniard-Latour me fit voir plusieurs instruments producteurs de son qu'il avait imaginés, j'en aperçus un dans le nombre qui me frappa sur-le-champ par son analogie avec l'organe vocal du pipa. Il consiste en un tube dont l'un des bouts est fermé par une plaque dans laquelle se trouve une fente. L'intérieur du tube renferme une petite languette métallique fixée sur une traverse, et dont l'extrémité libre avoisine la fente de la plaque. On fait vibrer la languette en soufflant par la fente. Cet appareil n'exige pas de plus amples explications.

VOIX DES OISEAUX.

Organe vocal des oiseaux.

Je prendrai pour principal guide, dans l'exposition anatomique, les recherches qui ont été faites par Cuvier et Savart. De nouvelles dissections, surtout depuis celles de Savart, ne pourraient guère conduire qu'à des faits déjà connus.

L'organe vocal des oiseaux, le larynx inférieur, situé à la bifurcation de la trachée-artère, est, la plupart du temps, indiqué, dès l'extérieur même, par la fusion de plusieurs anneaux de la trachée-artère, constituant ce qu'on appelle le tambour. Le dernier de ces anneaux forme deux saillies, l'une antérieure, l'autre postérieure, dont les sommets se trouvent placés plus bas que la partie externe du bord de l'anneau. Les deux saillies sont, chez la plupart des oiseaux qui ont de la voix, réunies par une traverse osseuse, qui partage l'orifice inférieur de la trachée-artère en deux parties auxquelles aboutissent les bronches. Il peut y avoir des

(1) *Nov. act. nat. cur.*, t. XII, P. II, p. 541. — Voy. aussi l'explication de la pl. II.

plis membraneux tant au pourtour extérieur qu'au pourtour intérieur des ouvertures bronchiales de la trachée-artère. Chez certains oiseaux, comme l'oie, ce qui produit le son est un pli tendu au côté externe du bord inférieur du tambour. En effet, entre l'extrémité de celui-ci et le premier anneau trachéal, la trachée-artère est membraneuse; cette membrane, dans toute la partie qui s'insère au bord inférieur du tambour, est très tendue, attendu qu'elle se trouve fortement tirée par les apophyses antérieure et postérieure du bord inférieur du tambour; plus loin, entre le tambour et le premier anneau de la trachée-artère, elle est lâche. La partie tendue de la membrane à l'extrémité inférieure et au bord externe du tambour est l'organe vocal de l'oie. Même après l'arrachement des bronches, cette portion tendue de la membrane demeure située à l'extrémité inférieure du tambour, et l'on obtient encore des sons en soufflant par le bout supérieur de la trachée-artère. En dedans, cette membrane ne forme qu'une faible saillie, appelée pli ou ligament vocal. Chez l'oie et plusieurs autres oiseaux, le bord interne des ouvertures bronchiales de la trachée-artère n'offre point de ligament vocal, point de pli, mais, d'après les observations de Savart, ce pli, qu'il nomme membrane semi-lunaire, existe chez les oiseaux chanteurs. Savart l'a trouvé très développé chez le rossignol, la fauvette, le serin, la linotte, le chardonneret, le verdier, le pinson, le rouge-gorge, le gorge-bleu, le pouillot, le traîne-buisson, l'ortolan de roseau, le roitelet, l'alouette, l'hirondelle de cheminée, le rouge-queue, le tarin, le daguet, le troglodyte, le pinson des Ardennes; il manque chez le gros-bec, le moineau, le roitelet, l'hirondelle de fenêtre, celle de rivage, la soulcie, le bruant-fou, la mésange-nonnette, etc.

C'est chez les oiseaux capables d'apprendre à parler, le corbeau, la pie, la corneille, le geai, l'étourneau, la grive, le merle, qu'il a les plus grandes dimensions. A l'entrée des bronches se trouvent encore, selon Savart, deux cordes vocales, l'une externe, l'autre interne. Les trois premiers anneaux des bronches ont une configuration spéciale. Savart en a décrit très exactement et figuré les formes. Le long de la face interne du troisième anneau existe, chez les oiseaux chanteurs, un cordon membraneux, formé d'une substance particulière, élastique, à ce qu'il paraît, qui est la lèvre externe de la glotte. Le pourtour extérieur des anneaux peut s'élever, s'abaisser, décrire des arcs, notamment le troisième, dont les extrémités servent pour cela de points fixes, en sorte que le cordon ou tendon dont il vient d'être parlé forme l'axe des mouvements de chaque cartilage. En dedans, la paroi de la glotte, ou la lèvre interne, est formée, chez les oiseaux chanteurs, par un petit cartilage (cartilage aryténoïde), et par des bourrelets de même substance que celle qu'on trouve à la lèvre externe; ces bourrelets sont enchâssés dans une paroi membraneuse (*membrane tympaniforme* de Cuvier), qui s'étend depuis les cartilages des bronches jusqu'à la traverse osseuse. Comme cette membrane se continue avec le repli semi-lunaire, celui-ci peut être tendu par elle. La *membrane tympaniforme* est extrêmement petite chez beaucoup d'oiseaux, tels que les canards et les oies, de sorte que les anneaux des bronches ne tardent pas à être complets; chez les oiseaux chanteurs, elle s'étend, d'après Savart, jusqu'aux quatrième et cinquième cartilages des bronches; c'est chez les oiseaux susceptibles d'apprendre à parler qu'elle a le plus de longueur et que la paroi interne des bronches est le moins couverte d'anneaux cartilagineux. Des muscles, qui sont propres au larynx

inférieur, peuvent attirer le premier cartilage des bronches, et tantôt rapprocher les lèvres de la glotte, tantôt les éloigner l'une de l'autre. Cuvier partage les oiseaux en plusieurs classes, suivant le nombre de ces muscles. Chez les uns il n'y a pas de muscles spéciaux du larynx inférieur, et la trachée-artère ne peut qu'être considérablement raccourcie par la traction de haut en bas qu'exercent sur elle les muscles sterno-trachéaux et ypsilo-trachéaux. Les oiseaux qui appartiennent à cette catégorie sont les oies et les canards parmi les palmipèdes, ainsi que les gallinacés. Parmi les palmipèdes, les canards et les harles ont des dilatations au larynx inférieur, et celui-ci se distend, chez les mâles, en un gros tambour non symétrique, en partie osseux, en partie membraneux, qui produit évidemment le timbre particulier propre à la voix des individus mâles. Parmi les larynx munis de muscles spéciaux, il y a plusieurs groupes. Les accipitrins, les foulques, les râles, les bécasses, les chevaliers, les poules d'eau, les avocettes, les mouettes, le cormoran, le martin-pêcheur, l'engoulevent, le héron, le butor, le coucou, n'ont qu'un seul muscle pour attirer les demi-anneaux cartilagineux vers la trachée-artère. Tous ces oiseaux ont une voix peu variée. Il y a cinq paires de muscles chez les oiseaux chanteurs, et trois muscles seulement dans le perroquet, sur le larynx duquel j'insisterai.

La glotte est simple chez les perroquets, et ne présente pas la traverse médiane qui existe chez les autres oiseaux. Humboldt avait déjà donné une figure du larynx inférieur du *Psittacus ararauna*. Les parties essentielles de l'organe vocal sont les suivantes : sur les bords latéraux et inférieurs concaves du tympan se trouvent deux cartilages ou os semi-lunaires, dont les sommets sont un peu recourbés chez quelques perroquets; un autre cartilage semi-circulaire, situé vis-à-vis de celui-là, forme le commencement de la bronche; entre les deux on aperçoit une membrane qui est tendue dans toute la partie embrassée par le demi-cercle supérieur. La membrane qui réunit le demi-cercle supérieur et l'inférieur forme un angle saillant en dedans; les deux angles du côté opposé ferment la glotte. Quand on tire la bronche de bas en haut, l'angle devient plus aigu, et fait plus de saillie en dedans; et comme les angles des deux côtés se rapprochent, la glotte devient plus étroite. Deux muscles servent à produire ce mouvement de la bronche. Lorsque les deux angles sont aussi rapprochés que possible, la glotte se trouve réduite à une fente très étroite. La dilatation de la glotte est opérée par un muscle qui tire de dedans en dehors les cadres semi-circulaires supérieurs de la membrane. Ces cadres semi-circulaires supérieurs forment, avec le bord inférieur du larynx, une sorte de fausse articulation, et se meuvent de dehors en dedans et de dedans en dehors, comme deux vantaux; les membranes tendues dans leur intérieur suivent ce mouvement. Le bord que l'air frappe immédiatement est l'angle compris entre la membrane tendue du vantail demi-circulaire supérieur et la membrane lâche, jusqu'au premier cartilage semi-circulaire bronchial. A la face interne du bord de cet angle, on remarque, chez quelques perroquets, une bandelette membraneuse, que le vent fait vibrer la première; après quoi la contraction se communique aux membranes semi-circulaire supérieure et inférieure qui forment le pli anguleux.

La trachée-artère des oiseaux forme, avec le bec, le corps de tuyau ajouté au devant du larynx. Elle peut être singulièrement raccourcie par le rapprochement de ses anneaux, et même par leur emboîtement les uns dans les autres. Les tra-

chées-artères de quelques oiseaux ont plus de longueur que le cou, à cause de leurs flexuosités : telles sont celles du coq de bruyère, des pénélopes, des hérons, cigognes et grues, surtout chez les mâles. Chez le cygne sauvage, la trachée-artère décrit même une circonvolution dans la substance du sternum. Je renvoie à l'ouvrage de Cuvier pour la description particulière de cet organe. Il partage les trachées-artères en quatre ordres : les cylindriques, les coniques, celles qui ont des renflements subits, enfin celles qui se renflent et se rétrécissent par degrés insensibles. Le héron et le cormoran ont des trachées coniques, qui s'élargissent peu à peu du côté de la bouche. La trachée est subitement renflée dans le garrot, la double macreuse, et aussi le kamichi, d'après Humboldt. On trouve des renflements graduels dans le genre des harles et chez les canards mâles.

Je ne suis entré ici dans les détails de l'anatomie comparée des organes vocaux qu'autant qu'il était absolument indispensable de le faire pour l'intelligence de la partie physiologique.

Théorie de la voix des oiseaux.

Cuvier a prouvé que la voix des oiseaux se produit au larynx inférieur. Il a vu un merle, une pie, une cane, conserver la faculté de crier après la section de la trachée-artère. Il boucha la partie supérieure de cette dernière, et lia le bec, sans que les cris changeassent; il coupa même le cou d'une cane, qui n'en jeta pas moins encore quelques cris. A ces expériences, qui donnent le même résultat toutes les fois qu'on les répète, viennent se joindre celles qu'on fait sur le larynx inférieur extirpé du corps. Quand on souffle dans les bronches d'un canard, on produit exactement la voix naturelle de l'oiseau. La même chose a lieu en soufflant dans la trachée-artère de l'oie et du canard; on peut même enlever les bronches; pourvu que la portion de la membrane bronchiale qui est fortement tendue au bord inférieur du tambour, subsiste encore, on obtient des sons (1). D'après la théorie de Cuvier, l'allongement et le relâchement de la membrane tympaniforme rendent le son plus grave; son raccourcissement et sa tension le rendent plus aigu. A ces deux sources de modifications se joignent les changements de largeur de l'ouverture et les différentes vitesses de l'air qui en résultent; mais, tant qu'il n'y a que l'anche de changée, et que la longueur de la trachée et son orifice supérieur restent les mêmes, les variations des sons sont bornées aux harmoniques des sons graves. Ainsi, en appelant ut_2 le son fondamental produit par le plus grand allongement et relâchement possible de l'anche, l'oiseau ne pourra donner, en la raccourcissant, que l'octave, la quinte de cette octave, la double octave, sa tierce et sa quinte, la triple octave, et ainsi de suite.

(1) Note de M. Segond. Les travaux de Hérissant, Vicq d'Azyr, Savart, Cuvier, Mueller, etc., ont conduit à une opinion trop absolue relativement au larynx inférieur. Il est impossible de mettre entièrement de côté le larynx supérieur. J'ai rendu compte à l'*Académie des sciences* (17 février 1851) et à la *Société de biologie*, de plusieurs expériences sur des gallinacés qui ne permettent pas de douter du rôle du larynx supérieur chez les oiseaux. Il est encore un phénomène essentiel dont on n'a pas tenu compte, et sans lequel il est impossible de se rendre compte de la continuité des sons variés produits par de très petits oiseaux chanteurs : c'est la possibilité qu'ont ces animaux de chanter pendant l'inspiration et l'expiration, de manière à faire des roulades interminables, auxquelles la capacité d'un poumon humain suffirait à peine.

Cette opinion repose évidemment sur un malentendu ; car les membranes tendues dans un seul sens changent de sons en raison inverse de leur longueur et directe des racines carrées des forces tensives, et la tension peut être conçue dans toute fraction comprise entre 1, 4, 16 ; tous les intermédiaires entre 1 et 2 doivent être possibles aussi, et non pas seulement les harmoniques. Si Cuvier n'avait point pensé à la tension des lèvres, mais seulement à la largeur de l'anche, la comparaison qu'il fait de l'organe vocal des oiseaux avec un tuyau à bouche serait demeurée exacte ; mais, en comptant sur les vibrations des ligaments de la glotte, il confondit l'anche d'un jeu d'anche avec celle d'un tuyau à bouche, qui, lorsqu'on souffle plus fort, donne les sons 2, 3, 4, 5, 6. Cuvier fait produire les sons non harmoniques par le raccourcissement de la trachée-artère. En raccourcissant sa trachée d'un neuvième, l'oiseau, dit-il, produit, toutes choses égales d'ailleurs, le premier ton entier au-dessus du son fondamental ; puis il n'a plus qu'à raccourcir seulement l'anche, sans changer la trachée de longueur, pour produire tous les sons harmoniques de ce second son. Pour monter par ce moyen d'ut_2 à ut_1, il faudrait que la trachée se raccourcît de près de moitié, ce qui n'est guère possible ; le reste est donc produit par la diverse largeur de l'ouverture du larynx supérieur, de même que les sons d'un sifflet bouché deviennent plus aigus à mesure qu'on abaisse le couvercle ; de cette manière on parvient à gagner encore près d'une octave dans l'organe vocal des oiseaux. En comparant ensuite cet organe au cor, le grand naturaliste retombe dans le même défaut de confondre ensemble les tuyaux à bouche et les jeux d'anche, auxquels les cors appartiennent, parce que l'ébranlement de la colonne d'air est déterminé par des languettes membraneuses, les lèvres. Mais, dans un jeu d'anche, les sons ne changent pas, comme dans les tuyaux à bouche, en raison de la longueur des colonnes d'air ; leurs changements ont lieu en vertu de lois toutes différentes.

Savart compare l'organe vocal des oiseaux, comme celui de l'homme, à un tuyau à bouche. Par conséquent, il regarde l'air comme le corps à proprement parler sonore, de sorte que l'anche placée au larynx inférieur serait analogue à un tuyau à bouche et non à un tuyau à anche. Cependant Savart a fait voir que, dans cette supposition, les parois de la trachée-artère n'en doivent pas moins exercer une grande influence sur le son de la colonne d'air. Il compara ensemble les sons produits par des tuyaux à bouche d'égale longueur et de semblable largeur, mais de substances diverses. Tous avaient un pied de long, et neuf lignes de diamètre, à la lumière. Le résultat fut qu'un sifflet formé avec douze feuilles de papier collées l'une sur l'autre, et dont les parois présentaient une épaisseur de trois quarts de ligne, a déjà un nombre de vibrations un peu différent de celui d'un sifflet de bois, et que le son peut s'abaisser de plus d'une octave lorsque la rigidité des parois diminue beaucoup, surtout par humectation : alors les parois du sifflet entrent en vibration, et influent à leur tour sur le son de la colonne d'air.

Savart cherche à renverser l'opinion qui représente l'organe vocal des oiseaux comme l'analogue d'un tuyau à anche, en faisant remarquer que le son d'une anche ne change pas considérablement lorsqu'on souffle plus fort, tandis que, d'après ses expériences, on peut, en variant la vitesse du courant d'air, sur un larynx d'oiseau chanteur, produire tous les sons possibles compris dans une octave et demie à partir du son fondamental. Je regarde comme une chose totalement dénuée

de preuve que l'organe vocal des oiseaux soit réellement un tuyau à bouche. L'objection de Savart n'est point décisive; car j'ai fait voir qu'en opérant sur des anches à languettes membraneuses de caoutchouc, on peut élever les sons de quelques tons au moyen d'un souffle plus fort; qu'avec des languettes de tunique d'artère cette élévation s'étend à tous les tons compris dans la quinte; que le son des cordes vocales du larynx humain peut être élevé de tous les tons renfermés dans la quinte, et qu'un effet identique, quelque chose même de plus, a lieu lorsqu'on opère sur des languettes métalliques, pourvu que la languette soit assez mince. J'ai pu élever de plus d'une demi-octave les sons des languettes métalliques minces de la trompette des enfants, et, en soufflant plus fort, parcourir tous les tons possibles dans l'étendue d'une octave et demie. Le résultat est demeuré le même, que je soufflasse par l'ouverture de la trompette, ou par la pièce qui renferme l'anche. En étudiant les languettes métalliques, on s'est trop attaché aux languettes épaisses des tuyaux d'orgue, dans lesquels la vitesse ordinaire du courant d'air n'est point assez forte pour élever le son.

Il me paraît extrêmement difficile, et pour le moment presque impossible, de décider si les sons de l'organe vocal des oiseaux se produisent d'une manière analogue à ceux des tuyaux à anche et de l'organe vocal humain, ou à ceux des tuyaux à bouche, et si les lèvres de la glotte des oiseaux vibrent, ou si c'est la colonne d'air qui entre en vibration par l'effet du frottement que le courant éprouve en les traversant. L'organe vocal simple d'un grand nombre d'oiseaux, par exemple des canards et des oies, est indubitablement un tuyau d'anche. Non seulement on voit les vibrations violentes du ligament extérieur de la glotte, mais encore le son a la plus grande analogie avec celui qui résulte des vibrations de membranes. On en peut dire autant de tous les oiseaux dont la voix a un son de membrane, tels que les corbeaux, qui cependant appartiennent déjà aux oiseaux chanteurs. La longueur de la trachée-artère de l'oie n'exerce non plus, quand on souffle par les bronches, qu'une influence très subordonnée sur le changement du son, et, que ce tuyau soit très court ou long, on n'en obtient pas moins le son caractéristique de l'animal. Mais c'est une autre question que celle de savoir si le son sifflant des oiseaux chanteurs doit aussi prendre place ici, s'il ne se produit pas plutôt de la même manière que ceux du sifflement avec la bouche. La comparaison avec un instrument à anche me paraît être la plus vraisemblable. D'abord il n'est pas possible que les lèvres de la glotte n'entrent point en vibration quand les muscles agissent d'une manière déterminée, et, quoiqu'une part revienne au frottement de l'air, il doit, en tout cas, s'établir une compensation entre les vibrations de l'air et celles des ligaments de la glotte; mais, dès lors, l'organe vocal des oiseaux n'appartient plus entièrement à la classe des tuyaux à bouche, et il renferme en même temps un élément de tuyaux à anche. Ensuite, quand, au moyen d'un tube introduit dans l'une des bronches, je souffle à travers le larynx inférieur seul, c'est-à-dire débarrassé de la trachée-artère, je produis des sons, qui ne changent point lorsque, sans rien changer à la force du souffle, je place un petit tuyau au-devant du larynx. Dans l'oie, la longueur de la trachée-artère n'influe que très peu sur le son du larynx inférieur, comme le tube ajouté au tuyau à anche de l'homme. La plupart des changements des sons peuvent être produits, sur le larynx des oiseaux, en modifiant la force du souffle, comme l'a fait voir Savart.

a trachée-artère peut modifier le son comme dans un tuyau à bouche, ce qui ne paraît pas probable, ou comme dans le corps d'un tuyau à anche. Son ouver- au larynx supérieur peut, en se rétrécissant, le rendre plus grave, comme il ve dans les tuyaux à bouche et dans les tuyaux à anche.

a membrane tympaniforme, qui vibre violemment, doit influer sur le son de bouchure, et il doit y avoir accommodation entre la lèvre interne de la glotte, la brane semi-lunaire et la membrane tympaniforme. Cette dernière ressemble pellicule vibrante d'un mirliton.

é produis (1) des sons très forts avec l'organe vocal du *Psittacus ararauna*, je souffle dans la trachée-artère ou dans les bronches. Dans ce dernier cas, les s ont la plus complète ressemblance avec le cri perçant des perroquets.

et organe vocal convient mieux que celui d'aucun autre oiseau pour faire des ériences, parce que tout y est solide. On est maître de rapprocher et d'éloigner larynx les vantaux qui se meuvent comme dans des articulations. Rien ici ne e : la trachée elle-même est très solide, et peut en outre se raccourcir de itié.

hez les petits oiseaux chanteurs, qui ont une voix plus étendue, on ne saurait e des expériences sur le résultat desquelles on puisse compter, à cause de la nde mobilité des parties, et l'on ne sait jamais jusqu'à quel point un effet qu'on duit dépend de telle ou telle autre circonstance accessoire. Quant au larynx gros perroquets, on peut le fixer et soumettre avec certitude toutes les in- nces au contrôle. En accroissant successivement la pression de l'air, je suis venu, sur cet organe, à élever le son d'une manière successive jusqu'à une inte et plus.

En soufflant par la trachée-artère, j'ai produit tous les sons possibles dans endue de plusieurs octaves. Par exemple, le son fondamental du larynx, dans at de repos, et en soufflant aussi doucement que possible par la trachée-artère, it fa_2. Si je tirais les muscles qui rapprochent les vantaux, c'est-à-dire qui rétré- sent la glotte, le son pouvait, suivant la force du souffle, s'élever successivement, sans tous les intervalles, de fa_2 à ut_4. Cet effet a lieu plus facilement encore au oyen de la compression des vantaux, soit qu'on presse entre les doigts le point larynx avec les muscles qui le recouvrent, soit qu'on se serve du compresseur, nt alors on accroît l'action en serrant la vis. On peut même, à l'aide d'une dis- sition particulière, mesurer cette pression avec des poids.

SONS.	POIDS.	SONS.	POIDS.
$ré_4$	0,25 loth, poids du plateau et du cordon.	$sol\#_4$	3,25
		$la\#_4$	3,75
		si_4	4,25
$ré\#_4$	0,45	ut_5	5,25
mi_4	0,55	$ut\#_5$	6,25
fa_4	1,25	$ré_5$	7,25
$fa\#_4$	1,75	$ré\#_5$	8,25
sol_4	2,25	mi_5	9,25—10,25

(1) Ces considérations sur la voix des oiseaux font suite au mémoire sur la compensation, ont la traduction a été donnée plus haut.

Dans cette élévation, les effets de la pression sur le larynx et ceux de la pression ascendante de l'air se combinent ensemble. La compression des valvules au-dessus de la glotte, non seulement rétrécit cette dernière, mais encore rend plus tranchantes et plus tendues les lèvres qui sont formées par les angles de la membrane tendue et le cartilage semi-circulaire supérieur et l'inférieur. Mais, plus la glotte devient étroite, plus aussi il faut que la pression de l'air augmente pour faire sortir le son fondamental des lèvres. Cette pression plus forte de l'air doit être prise en considération dans l'élévation; car, à égalité de pression sur les lèvres, si l'on accroît successivement la pression de l'air, on parvient sans peine à élever le son d'une quinte successivement et sans intervalles. Cette élévation est désagréable et bruyante; mais, en faisant coïncider la pression latérale du larynx, on en obtient purs encore les sons même les plus élevés.

Pour me convaincre que l'élévation des sons, qui a lieu par la compression des valvules, ne dépend point uniquement de l'accroissement de la pression de l'air, je la mesurai dans un cas où elle s'opérait par la compression croissante des lèvres, la tension de l'air restant la même. Pour cela, j'unis l'appareil manométrique à la trachée-artère du perroquet, pendant que le larynx était dans le compresseur, et je cherchai à obtenir une moyenne de pression d'air uniforme, d'après l'indication du manomètre.

PRESSION ÉGALE DE L'AIR. COLONNE D'EAU DE	POIDS DU COMPRESSEUR.	SONS.
16 centimètres.	3/4 loth.	sol_4
16	1 1/4	$sol\sharp_4$
16	2 1/4	la_4
16	3 3/4	$la\sharp_4$
16	5 3/4	si_4
16	8 1/4	ut_5

La pression de l'air seule, la compression des lèvres demeurant la même, produisait une élévation d'un semi-ton lorsque la tension de l'air s'élevait de quelques centimètres.

POIDS DU COMPRESSEUR.	PRESSION DE L'AIR. COLONNE D'EAU DE	SONS.
2 1/4 loth.	10 centimètres.	sol_4
2 1/4	12	$sol\sharp_4$
2 1/4	16	la_4

Cuvier avait admis, d'après des suppositions théoriques, que le changement des lèvres de la glotte des oiseaux peut produire les harmoniques ou les sons flûtés du son fondamental, comme l'octave, la quinte de l'octave, la double octave, sa tierce et sa quinte, l'octave suivante, etc. Mais il suit de mes expériences que tous

possibles et imaginables sont produits depuis un minimum jusqu'à un m, et non pas les harmoniques.

t à ce qui concerne le changement du son fondamental par la colonne d'air n, Cuvier avait admis une modification analogue à celle qui a lieu dans les t supposé qu'un raccourcissement d'un neuvième de la trachée-artère por- on du ton fondamental au ton venant immédiatement au-dessus de lui dans . Mes expériences font voir que ce raccourcissement agit absolument dans les instruments à anche. Lorsque j'employais la trachée-artère à titre e-vent, de manière que l'organe vocal fût à l'extrémité libre, si je réduisais tié cette trachée-artère longue de quatre pouces, je produisais tantôt un ment, tantôt une élévation d'un semi-ton, suivant les sons d'où je partais. ier, quand un allongement de la colonne d'air qui rend le son plus grave spond déjà au son fondamental des ligaments, un allongement plus considé- e fait ressaunter au son fondamental plus aigu des ligaments. On doit donc ndre à ce que d'autres rapports entre le porte-vent et le son des ligaments raient donné lieu aussi à des effets directement inverses.

Lorsque je prenais le larynx inférieur dans la bouche, et que la trachée-artère ouvrait corps d'instrument, le son pouvait être élevé à la quinte en réduisant le tuyau à la moitié de sa longueur. L'obturation partielle de la trachée-artère par le doigt abaissait le son d'un semi-ton, résultat que j'ai observé aussi avec les anches caoutchouc, et que l'on connaît dans les trompettes et les cors, qui sont aussi instruments à anche. Je crois inutile de varier davantage les expériences avec corps de tuyau artificiels, ayant déjà décrit les phénomènes auxquels on donne par ce moyen sur les larynx artificiels.

On peut partager les sons que les oiseaux produisent en sons d'anche et sons flûte. Ces derniers ne s'observent que chez quelques uns des petits oiseaux anteurs, comme le rossignol, etc. Dans tous les autres, les sons sont ceux des ches, par exemple, chez les palmipèdes, les gallinacés, les corbeaux, les perro- ets. Il en est de même du gazouillement et du sifflement de la plupart des oi- aux chanteurs.

Il n'y a point de faits pour admettre que les sons flûtés de plusieurs oiseaux, par emple le *tio, tio, tio* du rossignol, puissent dépendre des vibrations de l'air et produire en conséquence d'après la théorie de Savart. J'avoue franchement que, unique, dans mes expériences sur l'organe vocal du rossignol et de la grive, ie bien produit le sifflement et le gazouillement ordinaire des oiseaux chanteurs, vec une grande force, au moyen des vibrations des ligaments de la glotte, cepen- ant je n'ai pu obtenir des sons aussi pleins que ceux du chant des rossignols. Les ons du sifflement chez l'homme proviennent uniquement des vibrations de l'air endant qu'il traverse la bouche ; pourquoi la colonne d'air de la trachée-artère es oiseaux ne pourrait-elle pas aussi entrer en vibration quand l'air la traverse? ais il faut réfléchir que nous ne connaissons encore aucun fait attestant que des ons se produisent réellement ainsi chez les oiseaux chanteurs ; car l'élévation des ons par un souffle fort est aussi une propriété des anches membraneuses. Nous ignorons les conditions qui font que l'air traversant un tube exécute des vibrations dépendantes de lui seul et non d'une languette. Toutes les expériences que j'ai faites pour m'éclairer à cet égard sont demeurées sans résultat. Autant qu'il est

facile de faire résonner les colonnes d'air des tubes lorsqu'on souffle au-dessus de l'ouverture, et que l'air renfermé dans le tube n'exécute pas un mouvement de transition, autant il est difficile de faire résonner l'air dans un tuyau, en soufflant à travers. Il est vrai qu'on obtient des sons sifflants dès qu'une membrane mince se trouve à l'extrémité du tube, ne fût-ce qu'une étroite languette ; mais ces sons ne tiennent pas à la longueur de la colonne d'air ; ils dépendent de la tension de la membrane, et la colonne d'air qui vibre simultanément n'exerce qu'une influence subordonnée sur l'élévation du son ; elle n'en a une bien marquée que sur son éclat. L'organe vocal de la plupart des oiseaux chanteurs est dans ce cas. Les sons sifflants, gazouillants, sont de même sorte que ceux qu'on obtient avec des appareils, et j'ai acquis la conviction qu'ils dépendent principalement des cordes vocales ; ils se rangent donc aussi parmi les sons d'anche, d'après les principes que j'ai posés à l'égard des causes de ces derniers sons, et de la nature et des différences des anches.

Il est nécessaire de rapporter d'abord quelques expériences sur les sons sifflants et gazouillants d'une membrane dans des appareils artificiels analogues à ceux dont Savart s'est servi. Le procédé suivant est celui qui m'a paru le plus convenable. On prend des tubes de verre d'une longueur arbitraire, mais dont la lumière ait trois à quatre millimètres de diamètre, et on les use obliquement à l'une de leurs extrémités. Sur ce bout oblique on tend un petit morceau de baudruche, de sorte que la membrane bouche une grande partie de l'ouverture, le sommet excepté. L'ouverture qui reste doit varier de grandeur sur les divers tubes ; elle a le quart, la moitié, les deux tiers de la lumière totale. Quand on souffle par l'autre extrémité, de manière que le courant d'air frappe sur le plan oblique de la membrane, on obtient de beaux sons sifflants et très aigus, dès que le bord libre de la membrane, au-devant duquel l'air passe, est humide. Ces sons ont la plus grande analogie avec ceux de très petits sifflets, comme aussi avec le sifflement et le gazouillement des oiseaux chanteurs. L'ouverture ménagée au bord libre de la membrane peut être fort grande, comme on voit ; les sons sortent encore lorsqu'il y a une moitié et plus de la lumière qui reste ouverte. Mais je puis soutenir de la manière la plus formelle que, malgré leur caractère sifflant, ces sons sont des sons d'anche, car je me suis convaincu que leur élévation tient uniquement à la tension de la membrane, et non à la longueur du tube. On peut raccourcir ce dernier ou l'allonger à volonté ; on peut le réduire au minimum ; le son sifflant de la membrane n'en persiste pas moins toujours en rapport avec la tension de cette dernière. Si la membrane était seulement cause de la mise en mouvement, par le courant d'air, de la colonne aérienne contenue dans le tube, le son correspondrait à la longueur des tubes. Il est vrai que, dans les instruments à anche, la vibration simultanée de la colonne d'air influe sur la hauteur du son ; des tuyaux ajoutés rendent le son de l'anche plus grave ; mais cet abaissement a des limites, tandis que, dans les flûtes, où l'air seul résonne, il est illimité, et croît avec la longueur de la colonne d'air. On sait, d'après les recherches de G. Weber, que les colonnes d'air covibrantes n'abaissent le son des languettes solides que d'une octave ; qu'en allongeant davantage ces colonnes, le son revient par un saut au son fondamental de la languette, et qu'à partir de ce point on peut encore l'abaisser d'une octave. Les anches à languettes membraneuses se comportent exactement de

manière, comme je l'ai fait voir. Cependant il arrive souvent qu'on ne
nir que bien moins d'une octave. Il m'a quelquefois été impossible, sur
ettes de caoutchouc, d'obtenir le moindre abaissement par des colonnes
brantes; parfois je n'en ai obtenu qu'un d'un semi-ton. Ce dernier cas a
l'organe vocal humain, ce dont je me suis assuré à différentes reprises,
st de même avec les petits tuyaux d'anche, dont la membrane est en bau-
Il m'est souvent arrivé de n'obtenir aucun changement du son de l'anche
geant ou raccourcissant le tuyau depuis le maximum jusqu'au minimum,
uefois je n'ai observé qu'une différence d'un semi-ton. Par contre, dans
cas, le tuyau ajouté a renforcé beaucoup l'éclat du son, surtout quand
sais le petit tube garni de baudruche dans un autre tube de verre très
nais un peu plus large: alors le son prenait un caractère perçant, sans
ent de ton. Le son de la membrane était plus fort aussi quand je dirigeais
nent deux courants d'air sur les faces opposées de cette membrane.

périences sur le larynx des oiseaux chanteurs donnent des résultats fort
s. J'ai trouvé que l'organe vocal du merle était celui qui convenait le
our cela. Les oiseaux chanteurs de la plus petite taille offrent trop de diffi-
la manipulation, à cause de la petitesse de leur organe vocal. Le larynx
e, qui ressemble à celui du rossignol et des autres oiseaux chanteurs, est
ment connu d'après les recherches de Savart. La partie la plus importante
ament vocal externe, cordon élastique situé au côté interne du troisième
bronchial. La saillie qu'il forme peut être accrue par le mouvement des
s anneaux bronchiaux, du troisième principalement, et la rotation du
e demi-anneau, que Savart a observée, est surtout importante. La mem-
emi-lunaire sur la traverse de la bifurcation de la trachée, qui dirige son
re vers cette dernière, paraît aussi avoir de l'importance, mais moins que
ent vocal externe, ce dont on juge en observant les vibrations, qu'on
r toutes deux d'avant en arrière, lorsqu'on coupe la trachée immédiate-
t-devant du larynx inférieur. On s'aperçoit que les cordes vocales sont
s en avant par le souffle sorti d'une des bronches, et qu'elles font de très
excursions, tandis que les vibrations de la membrane semi-circulaire sont
les.

ffit de souffler par une des bronches dans laquelle on a introduit une ca-
utre étant bouchée, ou demeurant en communication avec son poumon.
s sifflants qu'on obtient sont assez forts et parfaitement semblables à ceux
duisent les appareils artificiels dont j'ai donné la description. Ils sortent
ilement lorsque l'on comprime un peu de dehors en dedans la paroi ex-
commencement de la bronche. La hauteur du son augmente quand on
cette pression, de même aussi que quand on refoule la bronche vers le
inférieur. De cette manière on peut, comme chez le perroquet, obtenir
art des différences de son. Quand je raccourcissais la colonne d'air, en
hant une partie de la trachée, des sons absolument semblables se faisaient
e, mais ils n'avaient pas autant d'éclat; il en était de même après l'abla-
ale de la trachée jusqu'au larynx inférieur, et alors il était encore possible
entendre les sons en suivant le procédé que j'ai décrit. J'ai essayé d'allon-
rachée, et avec elle la colonne d'air, par l'addition de petits tubes de verre,

mais la grande mobilité des parties ne m'a point permis d'arriver à des résultats certains. Cependant il n'est pas douteux que les vibrations simultanées de la colonne d'air exercent la même influence que chez le perroquet, seul oiseau chez lequel les expériences puissent conduire à la certitude, en raison de la grosseur des parties et de la facilité qu'on a de fixer la situation des cordes vocales par le moyen de l'appareil que j'ai fait connaître.

L'air ne parle jamais mieux, dans l'organe vocal des oiseaux chanteurs, que quand on souffle avec les buccinateurs, comme le font ceux qui sonnent du cor.

Le casoar de la Nouvelle-Hollande rend des sons bourdonnants, sourds, interrompus, et qui se répètent de temps en temps. Le mécanisme en est encore inconnu ; mais ces sons se rattachent sans doute à la conformation particulière de la trachée, qui s'ouvre, par le moyen d'une fente, dans un grand sac. Il n'y a rien à la bifurcation de l'extrémité inférieure de la trachée-artère qui puisse les expliquer.

Quant aux dilatations de la trachée du merle et du canard mâle, on peut déterminer avec assez de vraisemblance l'influence qu'elles exercent sur le son du larynx inférieur. Elles doivent agir sur les sons d'anche de ce larynx absolument comme le feraient des trachées plus longues sans dilatations ; car je trouve les sons fondamentaux des colonnes d'air de ces trachées dilatées plus graves que ceux de trachées non dilatées d'une égale longueur. J'ai comparé ensemble les sons fondamentaux des colonnes d'air de deux trachées desséchées sans larynx supérieur ni inférieur. Toutes deux avaient la même longueur, sept pouces et demi ; toutes deux avaient trois lignes de large, à l'exception des dilatations de l'une. L'une était uniformément cylindrique : l'autre avait deux dilatations fusiformes considérables. Étant couvertes, la première donnait la_2, et la seconde $ré\#_3$; étant ouvertes, la première donnait la_4, et la seconde $ré\#_4$.

VOIX DES POISSONS.

Les poissons qui font entendre des sons étaient déjà connus d'Aristote (1). Ce sont ceux qu'il nomme *lyra*, *chromis*, *capros*, *chalcis*, *coccyx*, qu'on rapporte aux genres *Trigla*, *Cottus*, *Sciæna*, *Pogonias* et autres. Il est difficile d'assigner un principe commun pour la production de ces sons. Les sciénoïdes et les trigles possèdent une vessie natatoire, qui a souvent des prolongements en cæcum et des muscles à sa partie moyenne ; mais les *Cottus* sont dépourvus de vessie natatoire. On ne voit pas non plus comment la compression de cette vessie pourrait donner lieu à des sons. Le *Sciæna aquila*, qui rend aussi des sons, à ce qu'on assure, manque de muscles à sa vessie natatoire, et celle-ci est dépourvue d'appendices chez plusieurs trigles. La vessie natatoire des *Sciæna aquila*, *Trigla gusnardus* (qui a des cæcums), et *trilineata* (qui n'a pas de cæcums), ne m'a rien offert, ni à l'extérieur ni dans l'intérieur, qui puisse donner lieu à la formation des sons. La première chose à faire serait de rechercher si l'un de ces poissons fait entendre dans l'eau les sons qu'on lui attribue. On assure de tous qu'ils n'en produisent que hors de l'eau, quand on les comprime. Mais l'animal peut alors avaler de l'air, et

(1) *Hist. animal.*, lib. IV, cap. 9.

es sons dépendre de la même cause que les borborygmes chez l'homme. On dit que les sciènes et les *Pogonias* font entendre des sons dans l'eau ; mais le fait n'est pas encore suffisamment constaté.

CHAPITRE III.

De la parole.

Outre les sons ayant une valeur musicale qui sont produits dans l'organe vocal, il est une multitude de sons et de bruits qui naissent dans le tuyau annexé à cet organe, et qui constituent la parole par leurs associations diverses, dont certaines servent à désigner des objets, des qualités, des actions, des rapports. Les langues n'emploient pas tous les sons qui peuvent être engendrés de cette manière, parce qu'il s'en trouve, parmi eux, qu'on aurait de la peine à unir avec d'autres. La majeure partie de ceux dont l'association présente le plus de facilité se rencontrent dans la plupart des idiomes. Chaque langue renferme un certain nombre de ces sons possibles ; mais aucune ne les contient tous, et les différences caractéristiques qui existent entre elles tiennent à ce qu'elles emploient plus particulièrement les uns, tandis qu'elles font rarement usage des autres, ou même ne s'en servent point.

C'est à la physiologie qu'il appartient de rapporter les sons de la parole à un système naturel. Les tentatives des grammairiens à cet égard ont échoué, parce qu'ils avaient établi leurs classifications sur des qualités qui ne sont point essentielles. En effet, la distinction des sons de la langue parlée d'après les organes qui sont censés les produire, est vicieuse, parce qu'elle en réunit qui diffèrent totalement les uns des autres suivant les principes de la physiologie, et parce que plusieurs parties de la bouche concourent à la production de la plupart d'entre eux. C'est le défaut qu'on peut reprocher à la division en sons labiaux, dentaux, gutturaux et linguaux, à celle même, beaucoup plus simple, en sons oraux et nasaux. Il y a quelque chose d'exact au fond dans la distinction qu'on a établie pour les sons muets et pour les sons mouillés ; mais on en fait une mauvaise application. Les propriétés mêmes des voyelles, par opposition aux consonnes, n'ont point été appréciées d'une manière convenable. Généralement, on fait consister leur essence en ce qu'elles ne sont pas muettes, en ce qu'elles ne se réduisent pas à de simples bruits, comme les consonnes, mais doivent naissance à des sons qui se produisent dans l'organe vocal et sont modifiés par la bouche. Cependant la différence entre les voyelles et les consonnes est bien moins considérable ; car il est possible, pour toutes les voyelles, comme pour les consonnes, de les rendre muettes, de les réduire à de simples bruits, ainsi qu'il arrive quand on parle à voix basse ; les voyelles sonnantes ne sont donc dues qu'à la consonnance de la voix. Mais il y a aussi, comme nous ne tarderons pas à le voir, une classe entière de consonnes qui peuvent également, ou être muettes et ne consister qu'en de simples bruits, ou sortir avec consonnance de la voix. En s'attachant à l'essence des voyelles et des consonnes, la différence entre elles est tout autre. Un vice capi-

tal de plusieurs essais d'une classification naturelle des sons de la parole ti
qu'on ne s'est point assez attaché à la possibilité de leur formation sans inte
au caractère de simple bruit qu'ils sont susceptibles de revêtir. Pour bien
préciser les propriétés, il faut prendre le parler à voix basse, ou le chuchote
pour point de départ, et rechercher ensuite quelles sont les modificatio
peuvent dépendre de l'addition du son proprement dit, ou de l'intonatio
suivant cette marche, on arrive à établir deux séries : dans l'une, les parol
muettes et absolument incapables de s'allier avec la voix; dans l'autre, elle
également aptes à être rendues muettes et à s'allier avec la voix. Une autre
rence importante entre les sons de la parole consiste en ce que les uns, p
par un changement brusque de la position des parties de la bouche, ne
qu'un moment, et ne peuvent être prolongés ou soutenus (*strepitus incor
explosivus*), tandis que d'autres sortent sans que la situation des partie
bouche change, et peuvent être prolongés à volonté, autant que le permet la
de l'haleine (*strepitus continuus*). Tous les sons de la première espèce son
lument muets et incapables de s'associer avec l'intonation, au lieu que
tous ceux de la seconde espèce peuvent s'allier avec elle. De cette dernière
naison résultent des modifications particulières, tandis que les sons absolu
muets ou explosifs sont susceptibles de subir une transformation lorsqu'ils s'
sent à une aspiration (1).

Système des sons muets de la parole à voix basse.

VOYELLES MUETTES.

a, *e*, *i*, *o*, *ou*, *oe*, *ae*, *u*, et les voyelles nasales *a*, *ae*, *oe*, *o*. Toutes ces voyel
peuvent être prononcées d'une manière bien distincte sous la forme de simple
bruits. La question est de savoir si, comme voyelles muettes, elles ressemble
aux consonnes muettes, ou si elles en diffèrent, physiologiquement parlant. Le
consonnes muettes ne naissent que dans le tuyau placé au-devant de l'organe vocal,
c'est-à-dire dans la cavité orale et nasale; ce sont des bruits engendrés par l'air
qui parcourt le canal diversement modifié. Mais les voyelles muettes se comporte

(1) *Cons.*, sur la parole, J. Wallis, *De loquela s. sonorum formatione*, dans C. Amm
Surdus loquens. Leyde, 1727. — Kratzenstein, *Tentamen resolvendi problema ab Acad.
Petrop.*, 1780, *propos.* — Kempelen, *Mechanismus der menschlicher Sprache, nebst der
schreibung seiner sprechender Maschine*. Vienne, 1791. — Reitter, *Methodenbuch zur Unte
richt fuer Taubstumme*. Vienne, 1828. — Rudolphi, *Physiologie*, t. II. — Court de Gebe
Histoire naturelle de la parole. Paris, 1816. — Chladni, dans Gilbert's *Annalen*, 1824. —
C. Mayer, dans Meckel's *Archiv*, 1826. — R. Schultheiss, *Das Stammeln und Stottern*. Z
rich, 1830. — De Gérando, *De l'éducation des sourds muets de naissance*. Paris, 1827, 2 v
in-8. — Willis, dans Poggendorff's *Annalen*, t. XXIV. — Purkinje, *Badania w przedmio
fizyologii mowy ludzkiej*. Cracovie, 1836. — *Cons.* surtout A.-M. Rapp, *Versuch einer Phys
logie der Sprache*, t. I, 1836; t. II, 1839. — Humboldt, *Ueber die Kawi-Sprache der Ins
Java nebst einer Einleitung ueber die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues und ihren
Einfluss auf die gestige Entwickelung des Menschengeschlechtes*. Berlin, 1836. — Duttenhofer,
Untersuchungen ueber die menschliche Stimme. Stuttgardt, 1837. — Puybonnieux, *Mutisme
surdité, ou influence de la surdité native sur les facultés physiques, intellectuelles et morales*.
Paris, 1846. — Berthier, *Sur les facultés intellectuelles et morales des sourds-muets*, dans
Bulletin de l'Académie de médecine. Paris, 1850, t. XV, p. 947.

une manière différente jusqu'à un certain point : quoiqu'ici non plus la voix ne sonne point, cependant la cause première est dans la glotte, et non dans la bouche, ainsi qu'on peut s'en convaincre aisément par des expériences sur soi-même. Le bruit qui forme une voyelle muette naît, à ce qu'il paraît, lorsque l'air asse le long des cordes vocales, qui néanmoins ne résonnent pas pour cela. Il e diffère pas de celui qu'on parvient à produire dans la glotte, en fermant la ouche, ouvrant le nez, et évitant d'émettre aucun son proprement dit. La bouche stant ouverte, la forme diverse que le canal oral prend le modifie de manière u'il devienne les sons muets *a*, *e*, *i*, *o*, *ou*.

La forme du canal oral est la même pour les voyelles muettes et pour les voyelles rononcées à haute voix. La seule différence consiste en ce que, dans le second as, la glotte, au lieu d'un simple bruit, produit un véritable son. Kratzenstein t Kempelen ont fait voir que les conditions requises pour la transformation d'un même son en voyelles différentes se réduisent au degré d'ampleur de deux arties, le canal oral et le canal nasal. Il en est de même pour les voyelles uettes. Kempelen appelle canal oral l'espace compris entre le larynx et le palais. 'ertaines voyelles exigent que l'orifice buccal et le canal oral soient larges, d'autres ue tous deux soient étroits, d'autres encore que l'un soit large et l'autre étroit. Si 'on admet, avec Kempelen, cinq degrés de largeur pour le canal oral, on a pour

a, largeur de l'orifice buccal	5 ; largeur du canal oral	3
e	4	2
i	3	1
o	2	4
ou	1	5

Les proportions pour les autres voyelles *ae*, *oe* et *u* sont faciles à trouver l'après cela.

Purkinje a montré que les conditions nécessaires pour la formation de quelques oyelles, notamment d'*a* et d'*e*, n'ont point été assignées d'une manière bien xacte par Kempelen. Ces deux voyelles dépendent principalement de la forme de 'espace compris entre la base de la langue et le pharynx ; pour toutes deux, cet space est grand, et il l'est plus pour *e* que pour *a* ; mais *a* et *e* peuvent être prononcés avec la même ouverture de bouche. La position assignée aux lèvres pour l'émission de l'*o* n'est pas non plus nécessaire.

Auprès des voyelles pures viennent se placer les voyelles muettes à timbre nasal, *u*, *ae*, *o*, *oe*, par exemple dans les mots *sang*, *singulier*, *ombre*, *œuvre* ; ces modifications ne dépendent que du rétrécissement du voile du palais et du soulèvement du larynx.

CONSONNES MUETTES ET SOUTENUES.

La prononciation de toutes les consonnes qui se rangent ici peut être soutenue aussi longtemps que l'haleine le permet, les parties de la bouche conservant la même position au commencement, pendant la durée et à la fin. Ainsi on peut soutenir la prononciation de l'*f*, du *ch*, de l'*s*, de l'*r*, de l'*l*, etc. Il n'en est pas de même des consonnes explosives β, γ, δ, π, τ, $\varkappa$; comme la position des parties de

la bouche est tout autre au commencement que dans le milieu et à la fin de [illegible] formation, elles ne peuvent durer qu'un moment, ou jusqu'à ce que le [illegible] ment soudain des parties de la bouche soit opéré.

Les consonnes soutenues sont *h*, *m*, *ng*, *f*, *ch*, *sch*, *s*, *r*, *l*.

On peut les ranger en trois classes :

1° *Consonnes soutenues orales, dont l'émission exige que le canal oral* [illegible] *tièrement ouvert.* L'aspiration *h* appartient seule à cette classe. Ici la [illegible] bruit produit par le passage de l'air ne tient point à une opposition des pa [illegible] la bouche entre elles. Le bruit de l'aspiration est la plus simple expressio [illegible] résonnance des parois de la bouche pendant l'expiration de l'air. L'*h* man [illegible] langue italienne; il n'est qu'orthographique dans les mots *ho*, *hai*, *ha*, *ha* [illegible] peut consulter l'ouvrage de Purkinje et celui de Rapp sur l'emploi de [illegible] ration dans les diverses langues.

2° *Consonnes soutenues nasales, dont l'émission exige que le canal* [illegible] *entièrement ouvert.* Ce sont *m*, *n*, *gn*. Ici l'air traverse tout simplement [illegible] nasal, la cavité orale étant close soit par les lèvres, soit par la langue appl [illegible] au palais. Il n'y a point non plus opposition des parties entre lesquelles le [illegible] passe. Dans la prononciation de ces trois consonnes, la cavité orale repré [illegible] un diverticule ou cul-de-sac plus ou moins long de l'arrière-gorge et du [illegible] nasal.

Ce diverticule est plus grand pour *m* que pour *n*, et surtout que pour *gn*.

La bouche se ferme à l'aide des lèvres pour la prononciation de l'*m*. Quelques physiologistes, Rudolphi entre autres, sont partis de là pour ranger cette lettre parmi les labiales; mais elle n'est point une lettre labiale; ce n'est point l'acte de la fermeture de la bouche qui lui donne naissance; elle ne se forme qu'après cette occlusion, par le simple passage de l'air à travers le canal nasal, avec résonnance du cul-de-sac de la cavité orale.

Dans la prononciation de l'*n*, la bouche est fermée par la pointe de la langue qui s'applique à la partie antérieure du palais.

Dans celle du *gn*, l'occlusion de la bouche a lieu un peu plus en arrière, par l'application du dos de la langue à la partie postérieure du palais. *Gn* n'est point une consonne double; c'est une émission de voix simple, tout comme *m* et *n*.

3° *Consonnes soutenues orales dont l'émission exige que certaines parties de la bouche se mettent en opposition les unes avec les autres, comme des espèces de valvules.* Ce sont *f*, *ch*, *sch*, *s*, *r*, *l*. Les parties qui se mettent en opposition, et apportent ainsi obstacle au passage de l'air, sont tantôt les lèvres (*f*); tantôt les dents (*sch*, *s*); tantôt la langue et le palais (*ch*, *r*, *l*).

Dans la prononciation de l'*f*, les lèvres se placent comme pour souffler. Il y a deux modifications de ce bruit de soufflet, l'*f* et le *v*. L'ouverture des lèvres est plus arrondie pour l'*f*; pour le *v*, les lèvres laissent entre elles une fente étroite, mais large.

Le *ch*, correspondant au χ des Grecs, manque à la langue française. Il exige que la langue se rapproche du palais, et que l'air passe à travers un étroit intervalle ménagé entre elle et ce dernier. Il y a trois χ, suivant le point où la langue se rapproche du palais.

a. Dans le premier, ou χ antérieur, quelquefois exprimé par *g* en allemand,

ıssi ce *ch.*

ı le troisième, ou χ postérieur, qui est particulier aux Suisses aux Ty-
aux Hollandais, le dos de la langue se rapproche de la partie postérieure
ou du voile palatin. C'est le ח (*kheth*) des Hébreux, le *kha* des Arabes.
aussi dans la langue bohême, d'après Purkinje.

la prononciation du *sch* allemand, *ch* des Français, *sh* des Anglais, les
es deux mâchoires sont rapprochées, ou même superposées, et la pointe
ıgue se trouve derrière elles, sans y toucher. En Westphalie, on confond
tre simple avec σχ.

la prononciation de l'*s*, les dents sont rapprochées ou en contact, et la
e la langue touche celles de la rangée inférieure. Le *th* des Anglais, le Θ
s, en sont des modifications.

'*r*, la langue vibre contre le palais. Tout son tremblotant n'est point un *r*,
ımissement de lèvres vibrantes ne fait point entendre ce son. Haller re-
es vibrations de la langue pour la production de l'*r* comme autant de
nts volontaires, et pensait pouvoir s'en servir pour calculer la rapidité de
ıerveuse. Mais évidemment il y avait malentendu de sa part; car les vi-
ıe sont ici que des tremblements imprimés par le courant d'air à la langue
ésiste, et elles ne dépendent pas plus de la volonté que celles des lèvres
les fait frémir. Il y a deux sortes d'*r* : l'*r* pur ou lingual, dans la pro-
n duquel la langue est la partie vibrante et le voile du palais reste en
guttural, pour lequel la langue demeure tranquille et le voile du palais
tte dernière espèce produit le grasseyement. L'*r* manque dans la langue

a prononciation de l'*l*, la pointe de la langue s'applique immédiatement
et l'air ne passe que des deux côtés, entre elle et les joues. On peut aussi
: son d'un côté seulement. Il manque dans la langue zend.

:len rangeait quelques unes de ces lettres parmi les consonnes avec into-
arce que la voix se fait entendre en même temps que les bruits qui les

brusque ; la formation commence par la fermeture de la bouche, et se termine par son ouverture : aussi ne peut-on prolonger ces consonnes à volonté : le bruit qui les caractérise cesse dès que la bouche s'ouvre.

1° *Consonnes explosives simples*, β, γ, δ.

B, β. La bouche est close par les lèvres, et elle s'ouvre pour le passage du vent.

D, δ. La bouche est close par la langue appliquée à la partie antérieure du palais, ou à l'arcade dentaire, et elle s'ouvre pour le passage du vent.

G, γ. La bouche est close, plus en arrière, par l'application de la partie postérieure du dos de la langue au palais, et elle s'ouvre pour le passage du vent.

Les consonnes muettes *b*, *d*, *g*, sont généralement produites par la brusque ouverture des voies fermées ; mais on peut aussi leur donner naissance par l'occlusion soudaine de ces mêmes voies.

2° *Consonnes explosives aspirées*, *p*, *t*, *k*.

Les sons *p*, *t*, *k*, correspondants à *b*, *d*, *g*, n'en sont que des modifications, dues à ce qu'une aspiration s'y joint au moment où la bouche s'ouvre. Par l'aspiration, le *b* devient *p*, le *d* devient *t*, et le *g* devient *k*. Les anciens, et, à leur exemple, Kempelen et Rudolphi, faisaient consister la différence entre les deux séries en ce qu'il y a résonnance de la voix pour *b*, *d* et *g*. L'assertion n'est point exacte, car on peut rendre ces trois lettres parfaitement muettes. Suivant Schulthess, leur essence tient à la force du courant d'air : ce qui est vrai ; cependant il n'y a pas nécessité que les ouvertures postérieures du nez se ferment avant l'explosion. La seule différence entre les deux séries dépend de l'aspiration qui succède dans la prononciation de *p*, *t*, *k*. J'ai donné cette explication dès l'année 1827.

Plusieurs bruits explosifs que nous avons la faculté de produire ne sont point employés dans les langues.

Tous les sons principaux de la parole articulée appartiennent, comme on voit, au système de la parole à voix basse. Il n'y a qu'un petit nombre de modifications des consonnes dont la formation exige la consonnance de la voix, et qu'on ne puisse faire sortir à voix basse, comme le *j* allemand, le *j* français, le *z* français, l'*l* avec intonation, l'*r* avec intonation. A la place de ces consonnes avec intonation on emploie, dans la parole à voix basse, les consonnes muettes correspondantes. Ainsi on substitue au *j* allemand le *ch*, au *j* français le *sch*, au *z* français l'*s*, à l'*l* avec intonation l'*l* muette, à l'*r* avec intonation l'*r* muet.

On voit, d'après cela, qu'il est possible, dans l'éducation première des enfants, de recourir, pour la plupart des consonnes, au mode de prononciation qui consiste à les faire sortir comme de simples bruits, mais que toutes les consonnes avec intonation ne peuvent être ainsi formées à voix sourde, de sorte que cette méthode, employée sans discernement, est plus nuisible qu'utile, et perd les avantages incontestables qu'elle présente lorsqu'on sait en faire une juste application.

Système des sons de la parole à haute voix.

Dans la parole à haute voix, quelques consonnes restent muettes, c'est-à-dire bornées à de simples bruits, parce qu'elles ne sont pas susceptibles de s'allier à la consonnance de la voix. Telles sont les explosives *b*, *d*, *g*, et leurs modifications *p*, *t*, *k* ; tel est aussi l'*h* parmi les consonnes soutenues. D'autres sont sus-

ceptibles d'un double mode de prononciation, à voix basse et à voix haute, dans ce dernier cas avec résonnance de la voix : ce sont *f*, *ch*, *sch*, *s*, *l*, *r*, *m*, *n*, *gn*.

VOYELLES.

La situation de la bouche est la même que dans la prononciation à voix basse. Le son se produit dans le larynx, comme il arrive au bruit des voyelles muettes, et le son laryngien est modifié par le canal pharyngien, par le canal oral et par l'ouverture buccale, de manière qu'il en résulte *a*, *e*, *i*, *o*, *ou*, *u*, *o e*, *a e*, et les voyelles nasillardes graves *a*, *a e*, *o*, *o e*. Les diphthongues sont des associations de deux voyelles, et Rudolphi les confond avec les véritables voyelles *u*, *o e*, *a e*. Enfin il faut encore ranger ici l'*e* muet, qui se rapproche déjà beaucoup des voyelles à voix basse.

Ces voyelles à voix basse ne se rencontrent généralement point dans la parole à voix haute. Il y en a pourtant des traces dans les idiomes slaves, par exemple dans le polonais.

CONSONNES QUI RESTENT MUETTES DANS LA PAROLE A HAUTE VOIX.

1° Explosives, *b*, *d*, *g*, et leurs modifications *p*, *t*, *k*. Il est de toute impossibilité d'unir ces consonnes muettes avec l'intonation de la voix. Essaie-t-on de les prononcer à haute voix, l'intonation vient après elles, et l'on n'a qu'une voyelle unie à *b*, *d*, *g* ou à *p*, *t*, *k*.

2° *Continues*. La seule consonne continue qui soit absolument muette et incapable de s'unir avec l'intonation de la voix, est l'*h*. Si l'on tente de la prononcer à haute voix, l'éclat de la voix ne sort pas en même temps qu'elle, mais vient après, et l'aspiration s'éteint aussitôt que l'air produit un son en traversant les cordes vocales.

CONSONNES QUI, DANS LA PAROLE A HAUTE VOIX, PEUVENT ÊTRE AUSSI BIEN PRONONCÉES MUETTES, C'EST-A-DIRE COMME SIMPLE BRUIT, QU'AVEC INTONATION DE LA VOIX.

Elles appartiennent toutes à la classe des consonnes : *f*, *ch*, *sch*, *s*, *r*, *l*, *m*, *n*, *gn*. Les consonnes avec intonation qui font partie de cette série manquent dans beaucoup d'idiomes. La langue française est celle où l'on en trouve le plus : elle les exprime tantôt par des lettres particulières, comme le *z* et le *j* pour l'*s* et le *sch* avec intonation, tantôt par un *e* muet placé après *l*, *m*, *n*, *r*. Un *e* bref et peu sensible venant après *l*, *m*, *n*, *r*, ne remplit pas le même objet, car c'est une intonation simultanée à la prononciation de ces consonnes. L'*e* muet placé après d'autres lettres ne signifie rien, à moins qu'il ne serve à déterminer avec plus de précision un caractère d'écriture dont on se sert aussi pour peindre d'autres sons ; ainsi *ge* et *che* représentent le signe allemand *sch*, tandis que *g* suivi d'un *a* correspond au *γ*. La langue allemande n'a qu'un seul cas dans lequel elle distingue une consonne avec intonation de sa correspondante muette ; c'est celui du *j*, qui diffère du *j* français ; car le *j* allemand est le *ch* avec intonation, et le *j* français est le *sch* avec intonation. Kempelen a très bien connu plusieurs des consonnes avec intonation ; il sait, par exemple, que le *j* allemand résulte de l'intonation

du *ch*, le *z* français de l'intonation gazouillante de l'*s*, le *j* français de l'intonation du *sch*. Il range également *l*, *m*, *n*, *r*, parmi les consonnes vocales; mais je ne puis partager son avis. Enfin il regarde *b*, *d*, *g*, comme des consonnes avec intonation, tandis qu'elles sont absolument muettes, ainsi que *p*, *t*, *k*, qu'il déclare muettes de leur essence. Voici les séries correspondantes des consonnes soutenues, tant muettes qu'avec intonation :

Muettes	Avec intonation.
	Soutenues nasales.
m	*m*. Dans l'écriture française, un *e* muet après *m*, mais sonnant avec lui.
n	*n*. Dans l'écriture française, un *e* muet après *n*, mais sonnant avec lui.
gn	*gn*. Peut être, à volonté, prononcé avec intonation.

Les consonnes avec intonation peuvent aussi être formées un moment le nez étant bouché.

	Soutenues orales.
f et *v*	*v*. L'*f* avec intonation sonne comme un *v* avec intonation.
χ, *ch* des Allemands; manque en français.	*j*. Dans le mot allemand *ja*, si l'on prononce *ch* avec intonation, il en résulte *ja*. La langue polonaise la possède aussi dans le mot *ja* (je). On ne le trouve, en français, que dans le cas de l'*l* mouillée.
sch, *che* en français	*j*. Dans *jamais* en français. Prononce-t-on *schamais* avec intonation de *sch*, on a *jamais*. Le *z* polonais est le même son avec intonation.
l	*l*. En français, un *e* muet après l'*l*; mais cet *e* sonne avec l'*l* et non après; *salle*, *sable*, *ville*.
r	*r*. En français, un *e* muet après l'*r*; mais cet *e* sonne avec l'*r* et non après; *verre*.
s	*z*. En prononçant *zone*, *zèle*; avec un *s* muet, on a *sone*, *sèle*; lorsqu'on entonne légèrement l'*s*, on produit *zone*, *zèle*. Le *z* polonais est dans le même cas.

L'emploi qu'on fait des consonnes soutenues muettes et avec intonation varie beaucoup suivant les langues. Les soutenues nasales *m*, *n* peuvent très bien être muettes au commencement des mots, par exemple dans *mond*, *narr*, tandis qu'à la fin elles sont presque toujours avec intonation, surtout lorsqu'elles viennent après d'autres consonnes, comme dans *darm*. Le *gn* peut bien être formé muet, et il est très prononcé dans *magnus* prononcé à voix basse; mais, dans la parole à haute voix, il est toujours un peu entonné.

Les soutenues orales *r* et *l* peuvent être complétement muettes au commencement des mots allemands, comme dans *rand*, *land*. A la fin des mots, elles peu-

dl ; mais beaucoup de personnes ne le prononcent pas du tout.
tion est parfois cherchée avec affectation, comme lorsqu'on interpelle avec colère en lui disant *Herr.....r!*
ch muet est propre à beaucoup de langues, de même que le χ entonné ınd. La langue allemande a le *sch* muet, et la langue française le *sch* ı le *j* français. L'*s* entonné, ou le *z*, est propre au français. On voit que ançaise se distingue par le nombre des sons entonnés. La langue alle- u de consonnes entonnées; elle ne possède que le *j* ou χ entonné, l'*r*, nais le français et les idiomes slaves, malgré leur grande diversité à ırds, ont des consonnes dont l'intonation est plus prononcée; ainsi, on ı le français et le polonais l'*s* entonné ou *z*, le *sch* entonné ou *j* fran- ne dans le polonais le χ entonné, ou le *j* allemand. La langue française muet; on n'y trouve des traces du χ entonné que dans l'*l* mouillé, qui :hose qu'un *l* entonné avec un χ entonné.
ıractérise la langue française, c'est le fréquent usage qu'elle fait des *m*, *n*, *ng*, et surtout cette autre particularité qu'elle ne les unit qu'à ı nasales *a*, *o*, *œ*, leurs associations plus sonores avec *e*, *i*, *ou*, lui out à fait. Dans les langues allemande et anglaise, toutes les voyelles à la consonne nasale *ng : ang*, *eng*, *ing*, *ong*, *ung*. Alors même que écrivent *em*, *ing*, ils substituent, dans la prononciation, d'autres elles de l'écriture, comme dans les mots *empereur* et *singulier*. De estreint des sons nasaux possibles, qui oblige de multiplier l'usage de ntre eux et leur association avec les voyelles nasales *a*, *œ*, *o*, résulte le monotonie nasale, tandis que la langue française se distingue si ment à d'autres égards, notamment par l'abondance des consonnes ınées. Ce qui frappe surtout, c'est le grand usage qu'elle fait du son s diverses modifications, dans les mots *temps*, *évidemment*, *sang*, etc. que je viens de passer en revue sont les éléments essentiels de toutes perfectionnées : il ne peut être question ici des différentes manières de

à l'autre, en avalant à petits traits, en faisant vibrer les lèvres, en claquant de la langue et des dents ou du palais, etc. Ce dernier bruit se rencontre, d'après Lichtenstein et Salt, dans la langue des Hottentots et d'autres peuples d'Afrique.

Les différents sons et bruits de la parole étant le résultat de conditions physiques déterminées, doivent pouvoir être imités par l'art à l'aide de machines. Il y en a quelques uns qu'on produit ainsi avec une grande facilité, le *b*, par exemple, quand on entonne dans un tube cylindrique, qu'on bouche et débouche alternativement avec la main, ou le *v* quand le tube est un tuyau d'anche à languette membraneuse. Kratzenstein, Kempelen et R. Willis se sont occupés de ce problème. On est parvenu à imiter une grande partie des sons de la parole. Mais les machines sont toujours imparfaites, en ce qu'elles exigent un appareil spécial pour chaque voyelle et consonne, ce qui rend très difficile de les unir à une seule soufflerie pour la production des mots. Nous ne devons pas être surpris de ce que certains oiseaux, comme les perroquets et les corbeaux, sont capables de former des sons articulés, puisque leur bouche, considérée d'une manière générale, offre les mêmes parois, avec des parties qui agissent comme soupapes. Nul doute qu'ils n'apprennent à les produire de la même manière que l'enfant acquiert cette aptitude. Les mouvements nécessaires à la production de chacun finissent par passer en habitude, et par être ensuite aux ordres de la volonté lorsqu'elle a l'intention d'émettre les sons possibles.

Ventriloquie.

On connaît chez l'homme une manière particulière de parler qu'on désigne sous le nom de ventriloquie. Quelques physiologistes, comme Magendie, pensent que les sons produits par les ventriloques ne sont que des modifications du timbre de ceux auxquels l'organe vocal donne naissance. D'autres croient qu'ils ont une cause particulière, qu'ils tiennent, par exemple, à ce que le sujet articule pendant l'inspiration (1). Cette dernière opinion est la plus répandue. On ne saurait nier qu'il ne soit possible d'articuler en aspirant, malgré les difficultés qu'on est obligé de vaincre pour cela, et que les sons qui se forment ainsi n'aient quelque analogie avec ceux des ventriloques. Cependant je ne pense pas que cette théorie soit exacte. Il y a une autre manière bien plus facile d'imiter complétement la voix des ventriloques, en donnant un timbre tout particulier aux sons de la sienne, et je suis persuadé que c'est elle qu'emploient les ventriloques de profession. Je fais une inspiration profonde, de sorte que le diaphragme refoule les viscères abdominaux en avant, puis j'expire d'une manière toute particulière, en resserrant beaucoup ma glotte, et faisant sortir l'air très lentement par la contraction des parois thoraciques, tandis que le diaphragme conserve la situation qu'il avait durant l'inspiration, et qu'en conséquence le ventre demeure poussé en avant pendant que je parle. Cette intonation au moyen d'un grand rétrécissement de la glotte et d'un souffle faible déterminé par les seules parois latérales de la poitrine, sans le concours des muscles abdominaux, donne lieu au timbre particulier des sons de ce registre. On peut ainsi former des sons qui ressemblent à ceux d'un homme appe-

(1) Delachapelle, *Le ventriloque ou l'engastromythe*. Londres, 1773.

nt de loin. Comme le ventre demeure gonflé tandis qu'on parle, on croit d'abord ntriloquer pendant l'inspiration ; mais on ne tarde pas à se convaincre que c'est ellement pendant l'expiration ; car, lorsque l'on continue jusqu'à ce qu'on n'ait ns d'haleine, la poitrine s'est resserrée de plus en plus, et, quand il n'y a plus ssibilité de produire aucun son par défaut d'air dans le soufflet, on est forcé de ire une nouvelle inspiration.

Parmi les effets que produisent les ventriloques, il y en a beaucoup qu'il faut tribuer à de simples illusions d'autres sens, de l'oreille, par exemple, comme sand le sujet fait entendre des paroles qui ont l'air de venir d'un endroit déter-iné. En général, nous distinguons très peu la direction du son, et, quand notre tention est dirigée vers un point, notre imagination est prête aussitôt à y rap-rter ce que nous entendons.

Vices de la parole.

Une bonne prononciation suppose que la cavité orale est bien conformée et reille juste. Les imperfections de la parole proviennent d'un vice dans l'une et utre de ces deux conditions. La parole devient vicieuse eu égard à la formation certains sons, et en même temps nasonnante, lorsqu'il y a un trou à la voûte alatine. Elle devient incomplète chez ceux qui manquent de dents. On peut con-ilter Kempeler et Schulthess pour ce qui regarde les vices de prononciation rela-fs à chaque lettre. Le bégaiement tient à l'inhabileté et l'immobilité de la langue. 'ivresse le produit d'une manière passagère, et la paralysie du nerf grand hypo-sse d'une manière permanente. Mais la parole peut aussi être imparfaite parce e les sons ne se succèdent pas convenablement, quoique le sujet ait la faculté de s former purs. Le bégaiement est l'impossibilité momentanée de prononcer une nsonne ou une voyelle, ou de l'unir aux précédentes. L'obstacle peut se ren-ntrer au commencement ou au milieu des mots. Si la lettre difficile à prononcer trouve au milieu d'un mot, il arrive souvent que la syllabe précédente ou celle ui ne peut sortir complétement est répétée plusieurs fois de suite, par exemple *i-zi-zi-zitze*, *llllachen*. Il manque dans le premier cas la possibilité d'unir la nsonne *t* avec la voyelle *i* qui précède, et dans le second celle d'unir la con-nne *l* avec la voyelle *a* qui la suit. La répétition de ce qui précède n'est pas, mme l'a très bien fait remarquer Schulthess, ce qui constitue l'essence du bé-iement ; c'est seulement une sorte de reprise pour trouver le passage, la transi-on. Si la consonne précédente est explosive, l'individu est enclin à la répéter, rce qu'il ne peut la soutenir à volonté et jusqu'à ce que la voyelle en sorte. Mais, cette consonne est soutenue (*m*, *n*, *gn*, *f*, *χ*, *sch*, *r*, *l*, *s*), la répétition n'est lus nécessaire, parce que le son peut être prolongé jusqu'à ce que la voyelle rrive. Exemple : *Bbbboire*, *l—lire*. Cependant il arrive aussi que l'homme qui égaie répète la consonne soutenue, et prononce *llllire*. Quelquefois il intercale nvolontairement, dans le mot, des lettres qui n'y appartiennent pas, *d*, *t*, *gn*, *nd* t autres. Schulthess pense que ce sont les voyelles et non les consonnes dont l'ar-iculation difficile donne lieu au bégaiement. Cette remarque découle d'une obser-ation attentive de la nature ; toutefois, bien qu'elle rectifie une erreur jusqu'alors ccréditée, elle va trop loin ; car il arrive souvent que la voyelle est déjà formée,

mais que la consonne qui vient après ne veut pas s'y unir. Je connais un jeune homme, très versé dans les mathématiques, et qui a fortement bégayé autrefois; lorsqu'il prononçait son nom, il lui arrivait fréquemment de dire *Te-Tessot*, au lieu de *Tessot*. Il y a encore beaucoup de circonstances où l'obstacle existe dès la première consonne d'un mot. Dans ces cas aussi, la cause tient moins à l'articulation par les parties actives de la bouche qu'à une occlusion soudaine de la glotte, qui s'oppose au passage de l'air nécessaire pour produire telle ou telle consonne. Cette clôture de la glotte, sur laquelle Arnott surtout a appelé l'attention, ne survient que lorsqu'il s'agit d'associer ensemble certaines articulations, le passage de l'air restant libre pour d'autres, par exemple pour la répétition de la syllabe précédente. Au fond, l'obstacle est toujours à la glotte, soit qu'elle ne rende pas le son nécessaire quand il s'agit d'une voyelle, soit qu'elle ne laisse point passer l'air durant la tentative que le sujet fait pour articuler un son dans la bouche. Ce travail de la part de la glotte s'annonce clairement, chez les personnes qui bégaient beaucoup, par la gêne de l'expiration et par la congestion du sang dans la tête et dans les veines du cou. L'essence du bégaiement consiste donc en un état pathologique des mouvements associés du larynx et de la bouche. Lorsqu'il est porté au plus haut degré, on observe aussi des mouvements dans les muscles de la face; l'effet est le même que quand on veut contracter un muscle de la face, et que la face entière se contracte parce qu'on éprouve de la peine à isoler l'influx nerveux.

Je partage complétement l'opinion d'Arnott et de Schulthess quand ils assignent pour cause prochaine au bégaiement une affection spasmodique de la glotte. Cette affection est une occlusion momentanée de la glotte, soit par le rapprochement des cartilages aryténoïdes, qui s'appliquent l'un contre l'autre, soit par la pression qu'exercent les muscles thyro-aryténoïdiens, qui peuvent accoler les cordes vocales l'une à l'autre. Il faut tenir pour certain que cette affection momentanée est une association pathologique avec certains mouvements de la bouche, en particulier de la langue, et qu'elle en dépend entièrement. Les parties de la bouche sont placées comme elles doivent l'être pour former le *b*; les lèvres peuvent aussi s'ouvrir comme l'exige l'explosion de cette lettre; mais il manque le courant d'air venant de la glotte. La marche naturelle pour remédier au bégaiement consiste donc à rendre facile l'association entre les mouvements du larynx et les articulations. Chanter les mots est déjà un moyen d'y parvenir, parce que, dans le chant, l'attention se porte plus sur la part que le larynx prend à la prononciation, qu'elle ne le fait dans la parole ordinaire: aussi les personnes qui bégaient chantent-elles mieux qu'elles ne parlent.

Tenir la langue trop basse dans la bouche paraît favoriser le bégaiement. La méthode de madame Leigh tend à corriger ce vice et à relever la langue vers le palais. Les anciens avaient recours à un moyen analogue quand ils faisaient tenir des corps étrangers sous la langue. La méthode indiquée par Arnott repose sur des notions physiologiques exactes, eu égard au bégaiement. Si les lèvres de la glotte étaient visibles comme celles de la bouche, dit cet écrivain, la nature du bégaiement ne serait pas demeurée si longtemps couverte d'un voile. La glotte se ferme de temps en temps chez l'homme qui bégaie: il s'agit de faire perdre cette habitude à la nature par l'exercice. Arnott propose de faire unir tous les mots en un seul par des intonations intercalées, jusqu'à l'épuisement de l'haleine. Ce moyen

bon, mais il ne suffira pas, puisque l'obstacle principal existe, la plupart du ps, dans l'intérieur même des mots, et tient aux mouvements associés que ré- ent certaines articulations. Si j'avais une méthode à proposer pour la guérison bégaiement, outre le procédé d'Arnott, j'emploierais le suivant : je ferais pour le ne des écritures dans lesquelles il ne se trouverait aucune consonne absolument tte ou explosive (β, δ, γ, π, τ, $\varkappa$) ; ces écritures ne contiendraient que des ases dans la composition desquelles il n'entrerait, outre les voyelles, que des sonnes susceptibles d'intonation concomitante (*f*, *x*, *sch*, *s*, *r*, *l*, *m*, *n*, *gn*) ; je is une loi de prononcer toutes ces lettres avec intonation, et de les traîner très temps. De là résulte une prononciation dans laquelle l'articulation est con- nment accompagnée d'intonation, de manière que la glotte ne se trouve jamais rée. Une fois le sujet bien exercé à tenir sa glotte ouverte sans interruption, ne entre les mots, comme le conseille Arnott, à ne jamais la fermer pendant et ès chaque consonne et chaque voyelle, on pourrait passer à la consonne ette *h*, et aux consonnes explosives; car, parvenu là, il sait déjà de quoi il it. Le procédé de madame Leigh est d'un empirisme aveugle : ni le maître ni ve ne savent ce dont il est question (1).

l y a un certain vice, assez commun, de la parole, qui diffère essentiellement bégaiement : c'est l'intonation entre les mots, l'interpolation d'un *e*, d'un *œ*, n *a*, plus ou moins long, ou de quelqu'une des voyelles nasales, ou d'un son ticulier modifié par la gorge, pendant que la prononciation des mots eux-mêmes bonne, par exemple *je... e.* Il semble entendre un instrument de musique nt le son se prolonge au delà de la durée voulue. Ces sons étrangers forment facilitent le passage d'un mot à un autre, et c'est peut-être là ce qui sou- it y donne lieu, quoique fréquemment aussi ils tiennent à l'hésitation de la sée. On rencontre quelquefois ce défaut chez les personnes qui bégaient, t-être parce que c'est un moyen d'éviter une interruption en passant au mot vant.

La formation des sons purs suppose l'ouïe. Il est fort difficile aux sourds-muets pprendre à prononcer des sons même grossiers. Il ne leur manque que l'ouïe, totalité ou en grande partie ; le mutisme est la suite de la surdité. Avec beaucoup peine ils apprennent à imiter les mouvements pour articuler les sons qu'ils ent faire devant eux, mais leur langage demeure toujours une sorte de hurle- nt qui ne peut servir dans la société, parce que l'absence de l'ouïe les prive du nulateur dont ils auraient besoin pour bien articuler (2).

Au reste, l'ouïe et la parole ne peuvent tenir l'une à l'autre que par l'intermé- iire du cerveau lui-même. On ne voit pas de quelle utilité seraient des connexions rveuses entre l'organe de l'audition et celui de la phonation. L'anastomose entre nerfs facial et lingual est étrangère tant à l'ouïe qu'à la parole ; car le nerf fa- l n'a rien de commun avec la première, ni le nerf lingual avec la seconde. Le

(1) *Cons.* Magendie, art. Bégaiement du *Dict. de médecine et de chirurgie pratiques*, V, p. 65. — Colombat, *Traité de tous les vices de la parole, et en particulier du bégaie- nt.* Paris, 1843. — A. Becquerel, *Traité du bégaiement.* Paris, 1843. — H. Mathieu, *De la role et du bégaiement*, Paris, 1847.

(2) *Voy.* De Gérando, *De l'éducation des sourds-muets de naissance.* Paris, 1827. — Bé- s, *Manuel d'enseignement pratique des sourds-muets.* Paris, 1827.

principal nerf de la phonation est le grand hypoglosse, duquel dépendent tous les mouvements de la langue. Le nerf facial joue aussi quelque rôle dans les articulations, du moins dans celles auxquelles les lèvres prennent part. Ces deux nerfs appartiennent à la physionomie, en ce sens que la mimique de la face et la parole représentent objectivement, chacune à sa manière, nos états intérieurs. Or tous deux paraissent dépendre de la même partie centrale, les olives.

Accent.

L'accent est une intonation plus élevée qu'on donne à certaines syllabes et à certains mots.

1° *Accent prosodique.* Chaque mot a son accent. Beaucoup d'hommes n'élèvent pas d'un semi-ton la syllabe accentuée ; d'autres l'élèvent de plus d'un semi-ton : alors la parole devient chantante. Dans le cas contraire, quand toutes les syllabes sont prononcées du même ton, elle devient monotone. Ce défaut de variation est insupportable chez les pédants, dont il exprime le naturel.

Dans les langues anciennes, l'accent et la quantité, ou longueur des syllabes, sont deux choses tout à fait différentes. Dans le rhythme de la poésie, les syllabes sont mesurées d'après leurs longueurs naturelles aux dépens de l'accent.

En allemand, l'accent coïncide presque toujours avec la quantité. Il y faut allonger tout ce qui est marqué de l'accent.

Les langues romanes modernes possèdent trop peu de syllabes naturellement longues par des consonnes et ont trop peu d'accentuation dans les mots pour pouvoir utiliser au profit du rhythme les longues et brèves naturelles ou les syllabes accentuées et non accentuées. Aussi les langues romanes ne sont pas, comme l'est la langue allemande, susceptibles de recevoir le rhythme des langues anciennes.

2° *Accent grammatical.* L'accentuation des mots dans le discours exprime la modalité du jugement. Dans les phrases interrogatives, affirmatives, etc., l'accent est toujours sur le mot principal. La proposition la plus simple, celle qui ne se compose que de trois mots, le sujet, le verbe et l'attribut, a une signification diverse suivant le membre auquel l'accent se rapporte.

3° *Accent des dialectes.* L'accentuation des divers dialectes peint le caractère vif ou lent des peuples. Ici l'accent est physionomique. Celui qui ne ressort pas du caractère de l'individu est maniéré. Dans les grandes villes, ceux qui affectent le bon ton ont souvent une manière d'accentuer tout à fait différente de l'accent naturel du peuple. Les Allemands n'ont point d'accent grammatical général comme les Français, les Danois et les Suédois.

LIVRE CINQUIÈME.

DES SENS.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

Les sens (1) nous informent des états divers de notre corps par la sensation spé-
le que nous transmettent les nerfs sensoriels. Ils nous font connaître aussi les
alités et les mutations des corps qui nous entourent, en tant qu'elles déterminent
s états particuliers de ces mêmes nerfs. Le sentiment est commun à tous les sens;
is la manière de sentir varie dans chacun d'eux. A cet égard, on en dis-
gue cinq, la vue, l'ouïe, le goût, l'odorat et le toucher. Par toucher, nous en-
dons la manière de sentir propre aux nerfs sensitifs, tels que le trijumeau, le
pe, le glosso-pharyngien et les rachidiens, c'est-à-dire les sensations de chatouil-
ent, de volupté, de douleur, de chaud, de froid, et les sensations tactiles. Le
t de *sensation* ne nous servira désormais que pour désigner la transmission au
sorium, qui appartient également à tous les nerfs sensoriels. Les sens ne nous
curent, à proprement parler, que la conscience des qualités et des états de nos
fs; mais la pensée et le jugement sont toujours prêts à interpréter comme qua-
s et mutations des corps situés hors de nous les changements provoqués dans
s nerfs par des causes extérieures. A l'égard des sens qui sont rarement affectés
r des causes internes, comme la vue et l'ouïe, cette confusion nous est devenue
lement habituelle qu'à moins d'y réfléchir nous ne nous en apercevons pas. Mais,
ur ce qui concerne le sens du toucher, qui est tout aussi souvent mis en jeu
r des causes internes que par des causes externes, et qui nous procure la con-
ence des sensations particulières à nos nerfs tactiles, il nous est facile d'aperce-
ir que ce que nous sentons, la douleur, la volupté, est un état de nos nerfs, et
n une qualité des choses qui le déterminent. Ceci nous conduit à quelques prin-
es généraux, dont l'exposition doit précéder l'histoire des sens considérés cha-
n en particulier.

I. *Nous ne pouvons avoir par l'effet des causes extérieures aucune manière de
tir que nous n'ayons également sans ces causes et par la sensation des états de
s nerfs.*

Cette proposition est de toute évidence pour le sens du toucher. Ce que les nerfs
ctiles peuvent sentir est le froid, le chaud, la douleur, le plaisir, et d'innombra-
es modifications de sensations, qui ne sont ni de la douleur ni du plaisir, mais

(1) *Cons.* sur les sens : Lucat, *Traité des sensations et des passions en général, et des sens particulier.* Paris, 1767, 3 vol. in-8, fig. — Elliot, *Ueber die Sinne.* Leipsick, 1785. — Reuss, *Beiträge zur Physiologie der Sinne.* Nuremberg, 1811. — Tortual, *Die Sinne des Menschen.* Munster, 1827. — Gerdy, *Physiologie philosophique des sensations et de l'intelligence.* Paris, 1836.

contiennent les mêmes éléments, lesquels seulement n'y sont point portés à l'extrême. Ces diverses sensations nous sont à chaque instant procurées par des causes internes, partout où il y a des nerfs sensitifs ; elles peuvent aussi être déterminées par des causes extérieures, mais celles-ci ne sauraient y introduire un élément de plus qui appartienne aux nerfs eux-mêmes, et qui provienne d'une excitation intérieure. Ainsi les nerfs sensitifs ne sentent que nos propres états, des qualités mises en évidence par des stimulations ou internes ou externes.

Nous pouvons avoir la conscience d'une sensation olfactive, même en l'absence de toute matière odorante, lorsque le nerf olfactif a la disposition voulue pour cela. Ces perceptions d'odeurs dues à des causes internes ne sont pas fréquentes : on en voit cependant des exemples chez des sujets d'une complexion très irritable.

Il en est probablement de même à l'égard du goût, quoiqu'ici la distinction soit difficile à établir, parce qu'on ne peut savoir si la saveur qu'on éprouve ne provient pas d'un changement particulier de la salive ou de la sécrétion muqueuse buccale. Dans tous les cas, le dégoût qui, comme sensation, appartient à la classe des sensations gustatives, dépend très souvent d'une simple disposition nerveuse.

Les sensations propres au sens de la vue, la lumière, les couleurs, l'obscurité, peuvent aussi avoir lieu sans cause extérieure. Réduit au dernier degré d'excitabilité, le nerf optique ne sent rien autre chose que l'obscurité. L'exaltation de sa sensibilité se manifeste, au contraire, les yeux étant fermés, par des effets de clarté et de scintillation, qui ne sont qu'une simple sensation, ne dépendent point d'une lumière matérielle, et ne peuvent par conséquent éclairer aucun objet. Chacun sait avec quelle facilité, en fermant les yeux, on voit les plus belles couleurs, surtout le matin, quand le nerf jouit d'une grande excitabilité. Ces phénomènes ont lieu fréquemment chez les enfants, au moment où ils se réveillent. La nature extérieure ne peut donc nous procurer ici aucune impression qu'il ne soit possible à des causes internes de produire dans les nerfs, et l'on conçoit qu'un homme devenu aveugle, pendant sa jeunesse, par l'obscurcissement des milieux transparents, doit conserver une pleine et entière intuition intérieure de la lumière et des couleurs, quand la rétine et le nerf optique n'ont point souffert. Les idées qu'on se fait souvent des nouvelles sensations qu'une opération procure à l'aveugle de naissance sont exagérées et inexactes. L'élément de la sensation visuelle, la lumière, la couleur, l'obscurité, doit être connu de cet homme tout aussi bien que des autres. Supposons même qu'un homme naisse au milieu d'une nature uniforme et dépouillée du prestige des couleurs, qu'en conséquence les impressions de celles-ci ne lui soient jamais amenées du dehors, son sens de la vue n'en serait pas pour cela plus pauvre que celui de tout autre ; car la lumière et les couleurs sont innées en lui, et n'ont besoin que d'une excitation pour arriver à l'intuition.

Les sensations auditives nous viennent également aussi bien du dedans que du dehors. Toutes les fois que le nerf acoustique se trouve dans un état d'irritation, nous éprouvons la sensation qui lui est propre, nous entendons des tintements, des bourdonnements, des sons. C'est par de tels phénomènes que ces maladies se manifestent. C'est par là que s'annonce la part qu'il prend souvent aux affections même légères et passagères, du système nerveux.

De tout cela il résulte clairement que les influences extérieures ne font naître en ous aucun mode de sensation qui ne puisse avoir lieu aussi sans cause du dehors, par l'effet de causes internes agissant sur le sens correspondant.

II. *Une même cause interne produit des sensations différentes dans les divers ns, en raison de la nature propre à chacun d'eux.*

L'accumulation du sang dans les vaisseaux capillaires des nerfs sensoriels, en cas e congestion et d'inflammation, est une cause interne qui agit sur tous de la même anière. Cependant elle détermine des phénomènes de clarté et de scintillation ns les nerfs optiques, quoique les yeux soient fermés, des bourdonnements et s tintements dans les nerfs acoustiques, de la douleur dans les nerfs tactiles. De ême, un narcotique mêlé avec le sang occasionne, dans chaque nerf sensoriel, s troubles qui s'accordent avec sa nature spéciale, des flamboiements dans le nerf ptique, des bourdonnements dans le nerf auditif, des fourmillements dans les erfs tactiles.

III. *Une même cause externe produit des sensations différentes dans les divers ns en raison de la nature propre à chacun d'eux.*

L'influence mécanique d'un coup, d'un choc, d'une pression, provoque, dans œil, la sensation de la lumière et des couleurs. Personne n'ignore qu'en pressant œil, après l'avoir fermé, on détermine l'apparition d'un cercle de feu, et qu'à aide d'une pression moins forte, on provoque celle de couleurs, qu'on peut même ansformer les unes dans les autres, phénomènes dont les jeunes gens s'amusent ouvent lorsqu'ils s'éveillent avant le jour. L'espèce d'éclair qu'on aperçoit en se omprimant l'œil avec force dans l'obscurité n'est qu'une pure sensation, et ne aurait illuminer les objets extérieurs. Chacun peut s'en convaincre aisément. 'ai répété fort souvent l'expérience, sans que jamais il me fût possible, à l'aide e cette lumière subjective, de distinguer dans l'obscurité les objets même les lus rapprochés de l'œil. Elle a quelque importance, puisqu'il s'est trouvé des as où les tribunaux ont soumis le phénomène à l'appréciation de la médecine lé- ale (1). La lumière qu'on excite dans l'œil en le comprimant n'est pas non plus isible pour une autre personne, puisqu'elle ne consiste qu'en une sensation xaltée.

La faculté de luire qu'on attribue aux yeux n'a rien en soi qui la fasse rejeter *priori*. Au fond, rien ne s'oppose à ce que les nerfs des animaux laissent échapper le la lumière, et, comme ils nous offrent la seule occasion que nous ayons de contempler, sans lésion préalable, un nerf, la rétine, à travers des milieux transparents, c'est là qu'on devrait le mieux pouvoir remarquer le phénomène, s'il s'opérait en effet un dégagement de lumière dans les organes nerveux. Eût-il lieu réellement dans l'appareil de la vision, il n'aurait aucun rapport avec la lumière que nous font apercevoir certaines causes internes. Mais l'expérience ne confirme pas qu'il s'opère un dégagement de lumière objective dans les nerfs ni dans la rétine, et des faits qui ont été mentionnés ailleurs attestent que rien de semblable ne s'opère.

(1) On en trouve un exemple dans Mueller, *Archiv fuer Anatomie*, t. I, p. 140 (1834). Il s'agissait d'un homme qui, attaqué la nuit par deux voleurs, disait en avoir parfaitement reconnu un à l'aide de l'éclatante lumière produite par un coup de poing que le voleur lui avait asséné sur l'œil droit.

L'influence mécanique excite aussi dans le nerf acoustique les sensations qui lui appartiennent en propre. Un soufflet, par exemple, et la chose est même passée en proverbe, peut faire naître dans les nerfs auditifs et dans les nerfs optiques, comme dans ceux du toucher, les sensations particulières à ces sens. Rien n'annonce, au contraire, qu'un coup puisse faire naître la sensation d'une saveur ou d'une odeur ; cependant l'irritation mécanique du voile du palais, de l'épiglotte, de la base de la langue, provoque une saveur nauséeuse. L'effet que les corps produisent sur l'organe de l'ouïe, dans la sensation auditive, est purement mécanique. Une impulsion mécanique soudaine de l'air détermine la sensation du son dans l'organe de l'ouïe, comme celle de la lumière dans l'organe de la vue. Si cette impulsion est violente, on entend une détonation ; si elle est faible, on ne discerne qu'un bruit ; si enfin la cause persiste pendant un certain laps de temps, le son est soutenu aussi. Dans certaines conditions déterminées, le bruit devient un son également déterminé ou appréciable. Le même bruit, qui demeure bruit tant qu'il reste continu et sans interruptions régulières, prend le caractère d'un son musical dès qu'il vient à être interrompu très souvent et avec régularité dans un court espace de temps. Le frottement des dents d'une roue contre une latte de bois, dans la machine imaginée par Savart, ne produit que du bruit quand on le considère en lui-même et comme impulsion mécanique propagée à l'organe auditif ; mais, si l'on tourne la roue avec beaucoup de vitesse, et que les bruits se succèdent rapidement, ils deviennent de moins en moins distincts les uns des autres, et finissent par constituer un son musical, dont l'acuité croît en raison directe de la rapidité des chocs ou rotation de la roue. Les vibrations d'un corps, qui, prises isolément, ne produiraient qu'un simple bruit, encore même à peine, acquièrent le caractère d'un son musical par le seul fait de leur succession répétée ; l'impulsion est mécanique aussi. En admettant que la matière de la lumière agisse sur les corps par des oscillations mécaniques, nous avons là encore un exemple qui nous prouve que les vibrations agissent différemment sur des sens divers. Elles donnent lieu à la sensation de la lumière dans l'œil, et à celle de la chaleur dans les nerfs du toucher.

L'électricité est un second exemple d'une irritation provoquant des sensations diverses dans des nerfs sensoriels différents. Il suffit déjà de deux métaux hétérogènes faisant la chaîne avec l'œil pour exciter, dans l'obscurité, la sensation d'une lueur fulgurante ; l'œil n'a pas même besoin de se trouver dans le courant ; pourvu qu'il en soit très rapproché, la sensation a lieu également, par l'effet d'une partie du courant qui se détourne sur lui : c'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'une des plaques est mise en contact avec la face interne d'une paupière et l'autre avec l'intérieur de la bouche. Une électricité plus forte donne lieu à des sensations de lumière bien plus vives. L'irritation galvanique provoque la sensation auditive dans l'organe de l'ouïe. Volta, ayant compris ses oreilles dans la chaîne d'une pile de quarante paires de plaques, éprouva un sifflement et un bruit saccadé pendant tout le temps que la chaîne demeura fermée (1). Ritter, en fermant la chaîne, entendit un son comparable à celui du *sol*$_3$.

L'électricité par frottement détermine une odeur de phosphore dans les nerfs

(1) *Philos. Trans.*, 1800, p. 427.

olfactifs. En armant la langue avec des métaux hétérogènes, on provoque une saveur acide ou salée, suivant la situation des plaques, dont l'une est appliquée sur l'organe, et l'autre dessous. On a voulu rapporter cet effet à la décomposition des sels de la salive; mais ce qui vient d'être dit des autres sens suffit pour démontrer l'insuffisance de cette explication.

Dans les nerfs du toucher, les effets de l'électricité ne sont ni des sensations de lumière, ni des sensations de son, d'odeur, de saveur, mais des sensations propres à ces organes, comme des percussions, des picotements, etc.

Les influences chimiques exercent vraisemblablement aussi une action différente sur les divers nerfs sensoriels. On conçoit que nous sommes fort peu instruits à cet égard. Ce qu'on sait, c'est que certaines influences chimiques déterminent des impressions tactiles, comme ardeur, douleur, sensation de chaleur, dans les nerfs du toucher, des sensations de saveur dans l'organe du goût, et, quand elles sont volatiles, des sensations d'odeur dans l'organe olfactif. Il nous est impossible d'exercer une action chimique sur les nerfs des sens supérieurs, sans leur porter préjudice, autrement qu'à l'aide de substances introduites dans le sang. Ici se rangent les effets des narcotiques, qui, ainsi que personne ne l'ignore, déterminent des phénomènes subjectifs de vision et d'audition.

IV. *Les sensations propres à chaque nerf sensoriel peuvent être provoquées à la fois par plusieurs influences internes et externes.*

C'est ce qui résulte déjà des faits précédemment rapportés; car :

1° La sensation de la lumière est excitée dans l'œil :

a. Par des vibrations ou des émanations qu'on nomme lumière d'après leur action sur l'organe de la vue, quoiqu'elles déterminent beaucoup d'autres effets entre, même chimiques, et qu'elles entretiennent même les actions organiques des autres;

b. Par des influences mécaniques, telles qu'un choc, un coup;

c. Par l'électricité;

d. Par des influences chimiques, comme celles des substances narcotiques, datale ou autres, introduites dans le sang, qui déterminent des phénomènes subjectifs de vision, des flamboiements devant les yeux, etc.;

e. Par l'irritation du sang dans la congestion.

2° La sensation du son l'est dans l'organe auditif :

a. Par des influences mécaniques, vibrations des corps, que transmettent à cet gane les milieux propres à les propager;

b. Par l'électricité;

c. Par des agents chimiques introduits dans le sang (narcotiques, altérants, rvins);

d. Par l'irritation du sang.

3° La sensation des odeurs l'est dans les nerfs olfactifs :

a. Par les influences chimiques de nature volatile, les aromes;

b. Par l'électricité.

4° La sensation des saveurs l'est :

a. Par des influences chimiques qui agissent, soit du dehors, soit au moyen du g, sur les nerfs du goût : Magendie prétend que les chiens auxquels on injecte lait dans le sang en éprouvent le goût, et se lèchent les lèvres;

b. Par l'électricité ;

c. Par des influences mécaniques. Telle est la saveur nauséeuse que font éprouver les titillations du voile du palais, de l'épiglotte et de la base de la langue.

5° Les sensations tactiles le sont :

a. Par des influences mécaniques, vibrations sonores, attouchements de toute espèce ;

b. Par des influences chimiques ;

c. Par la chaleur ;

d. Par l'électricité ;

e. Par l'irritation du sang.

V. *La sensation est la transmission à la conscience, non pas d'une qualité ou d'un état des corps extérieurs, mais d'une qualité, d'un état, d'un nerf sensoriel, déterminé par une cause extérieure, et ces qualités varient dans les différents nerfs sensoriels.*

Autrefois, pour se rendre raison de l'aptitude qu'ont les différents nerfs sensoriels à sentir des influences déterminées, par exemple, les nerfs optiques la lumière, les nerfs auditifs les vibrations, etc., on leur attribuait à chacun un mode particulier d'excitabilité. Mais cette hypothèse ne suffit évidemment pas pour expliquer les faits. Sans contredit, les nerfs sensoriels possèdent une excitabilité spécifique pour certaines influences ; car la même irritation qui agit avec force sur un organe de sens influe peu ou point sur un autre : ainsi, des vibrations aussi rapides que celles de la lumière n'agissent que sur les nerfs optiques et tactiles; d'autres, plus lentes, ne se font sentir qu'aux nerfs auditifs et tactiles ; les arômes ne sont appréciés que par les nerfs olfactifs, etc. Les stimulus extérieurs doivent donc être homogènes à l'organe sensoriel : la lumière est l'irritant homogène de la rétine, et les vibrations moins rapides qui agissent sur le nerf auditif sont hétérogènes ou indifférentes au nerf optique ; car, en touchant l'œil avec un diapason qui vibre, on n'éprouve qu'une sensation tactile à la conjonctive, sans ressentir nulle sensation de lumière. Cependant nous avons vu que certains stimulus, l'électricité par exemple, ont le pouvoir de faire naître des sensations diverses dans chaque organe des sens ; cette électricité est donc homogène à tous les nerfs sensoriels, et néanmoins les sensations qu'elle provoque diffèrent dans tous. Il en est de même pour plusieurs autres stimulus, tels que ceux de nature chimique et mécanique. L'excitabilité spécifique des nerfs sensoriels ne suffit donc pas pour rendre raison des faits, et nous sommes obligés d'attribuer à chacun de ces nerfs, comme le faisait Aristote, des énergies déterminées, qui en sont les qualités vitales, de même que la contractilité est la qualité vitale des muscles. Cette opinion a reçu un nouvel appui, dans les temps modernes, des recherches d'Elliot, Darwin, Ritter, Gœthe, Purkinje et Hjort, sur les sensations subjectives. On désigne sous ce nom des phénomènes provoqués, non par le stimulus accoutumé d'un nerf sensoriel, mais par d'autres qui lui sont ordinairement étrangers. Pendant longtemps on les a envisagés à un faux point de vue, en les regardant comme des hallucinations des sens, tandis que ce sont réellement des vérités sensorielles et des phénomènes fondamentaux, qui, à ce titre, méritent d'être étudiés sérieusement dans l'analyse des sens.

Ainsi la sensation du son est l'énergie propre du nerf acoustique, celle de la

ière et des couleurs est l'énergie particulière du nerf visuel, etc. Une analyse cte de ce qui a lieu dans toute sensation aurait déjà dû conduire à cette vérité une autre voie. Les sensations de la chaleur et du froid, par exemple, nous orment de l'existence du calorique impondérable, ou de vibrations particulières, voisinage de nos nerfs tactiles. Mais ce qu'est la chaleur, on ne saurait s'en ndre compte par ce qui constitue immédiatement l'état des nerfs tactiles ; il faut, ur cela, se livrer à l'étude des propriétés physiques de cet agent, rechercher les s de sa propagation, de son dégagement, de son aptitude à devenir latent, de la ulté qu'il possède de dilater les corps, etc.

Et tout cela n'explique encore point ce qu'il y a de particulier dans la sensation chaleur, comme état des nerfs. Le fait pur, et dégagé de toute explication, est e la chaleur, comme sensation, prend naissance toutes les fois que le calorique it sur un nerf de sentiment, et que le froid, comme sensation, a lieu quand le lorique est soustrait à un nerf de sentiment.

On en peut dire autant du son. Le fait pur est que, quand un certain nombre de ocs ou de vibrations sont communiqués au nerf acoustique, le son naît, comme nsation; mais le son, comme sensation, diffère infiniment d'un nombre quelnque de vibrations. Le même nombre de vibrations d'un diapason qui transmet sensation du son au nerf auditif est perçu comme chatouillement par le nerf ctile. Il faut donc que quelque chose s'ajoute aux vibrations pour que nous puisns sentir un son, et cette condition indispensable n'est attachée qu'au nerf oustique.

La vue est dans le même cas. La force diverse avec laquelle agit l'impondérable pelé lumière détermine une inégalité de sensation en des points divers de la tine de l'œil, que d'ailleurs l'action tienne à des secousses ou à un courant animé ne vitesse infinie, suivant qu'on adopte la théorie de l'ondulation ou celle de manation. Mais c'est seulement parce que la rétine sent comme étant médioement éclairés les points faiblement affectés, comme étant lumineux ceux qui çoivent une vive impression, et comme étant obscurs ou ombrés ceux qui deeurent en repos ou n'éprouvent rien, qu'il se produit une image lumineuse terminée, dont les contours se règlent d'après les points de cette membrane qui nt été affectés. La couleur est inhérente aussi au nerf optique lui-même, et, quand le est provoquée par la lumière extérieure, elle se produit en conséquence d'une opriété, qui nous est encore inconnue au fond, des rayons auxquels nous donns l'épithète de colorés, ou des oscillations nécessaires pour faire naître l'impreson de la couleur. Les nerfs du goût et de l'odorat sont susceptibles de recevoir n nombre infini de déterminations du dehors; mais chaque saveur dépend d'un at déterminé du nerf que les circonstances extérieures produisent, et il est ridiule de dire que la qualité de l'acide est transmise par les nerfs gustatifs; car acide agit aussi sur les nerfs tactiles, mais il n'y fait pas naître une sensation de aveur.

L'essence des états des nerfs au moyen desquels ils voient la lumière et sentent le son, la nature du son comme qualité du nerf acoustique, celle de la lumière omme qualité du nerf optique, celle du goût, de l'odorat, du toucher, nous sera éternellement cachée; nous ne la connaîtrons jamais, pas plus que nous n'arriverons à la connaissance des causes finales en physique. Il n'y a pas moyen de

raisonner sur la sensation du bleu : c'est un fait qui, comme beaucoup d'autres, dépasse les bornes de notre intelligence. Vouloir expliquer les sensations particulières et diverses qu'une même cause détermine dans les divers sens par la rapidité différente des vibrations du principe nerveux, ne nous avancerait à rien ; en supposant même que cette théorie fût vraie, il faudrait commencer par l'appliquer à l'explication des différentes sensations qui ont lieu dans le domaine d'un sens déterminé, et rechercher avec son concours pourquoi, par exemple, le *sensorium* reçoit la sensation du bleu, du rouge, du jaune, celle d'un son grave ou aigu, celle de la douleur et du plaisir, celle du chaud ou du froid, celle de l'amer, du doux, de l'aigre. C'est en ce sens seulement que l'explication suivante offre de l'intérêt : la cause de l'élévation différente des sons est au moins déjà la différence de vitesse des vibrations des corps sonores, et un attouchement des nerfs tactiles de la peau qui, lorsqu'il demeure isolé, produit une sensation simple de toucher, donne lieu, quand il se répète avec rapidité, comme vibration d'un corps sonore, à une sensation de chatouillement, de sorte que ce qu'il y a de spécifique dans la sensation du plaisir tient peut-être, abstraction faite des cas où elle provient de causes purement internes, à la rapidité des vibrations du principe nerveux dans les nerfs tactiles.

Il se pourrait que ce fût une vague connaissance des sensations visuelles procurées par des causes internes qui eût conduit les philosophes de l'antiquité à soupçonner la part essentielle que l'œil prend à la sensation de la lumière et de la couleur. La théorie de la vision, que Platon a exposée dans le Timée, nous en montre des traces qu'on ne saurait méconnaître.

Aristote a exposé des vues plus justes et présentées sous une forme plus scientifique dans son *Traité des songes*. L'explication qu'il donne des fantômes comme effets internes des organes sensoriels est tout à fait au niveau de la science actuelle. Il ne lui a même pas échappé une observation, faite aussi par Spinosa, qu'en s'éveillant on peut saisir dans les organes des sens les images dont on a été assiégé pendant le sommeil, et les changements subjectifs de couleur que l'image du soleil subit dans l'œil après qu'on a regardé cet astre lui étaient parfaitement connus.

Dans l'état présent des différentes branches des sciences naturelles, que leur étendue oblige aujourd'hui de cultiver chacune à part et jusqu'à un certain point indépendamment les unes des autres, ce serait un beau problème à proposer aux philosophes que de soumettre au creuset de l'analyse les explications des phénomènes fondamentaux, là surtout où les diverses sciences naturelles ont leurs domaines pour ainsi dire engrenés les uns dans les autres, comme, par exemple, en ce qui concerne l'action de la lumière sur les êtres organisés. Mais un pareil travail présente des difficultés immenses, parce qu'il n'y a pas moyen de l'accomplir sans une connaissance approfondie des faits. La philosophie moderne n'a fait que glisser sur ces sortes de questions, qui appartiennent autant à la physique qu'à la physiologie. La manifestation des objets les uns après les autres ne saurait exprimer la nature de la lumière, et, pour que celle-ci produise un tel effet sur nous, il faut la présence d'un organe visuel vivant. Beaucoup d'autres agents jouent également le même rôle ; et, s'il y avait pour l'électricité un organe aussi délicat que pour la lumière, l'électricité n'aurait pas moins que la lumière la propriété de nous révéler l'existence du monde corporel.

De tout ce qui précède il ressort clairement que les nerfs sensoriels n'ont pas pour unique office de transmettre les qualités des corps à notre *sensorium;* c'est seulement par leurs qualités propres, par leur aptitude à éprouver des modifications plus ou moins considérables de la part des objets situés hors de nous, que nous sommes informés de la présence de ces derniers. La sensation tactile même que la main procure ne nous avertit point de l'état des surfaces du corps touché, mais des points de notre corps qui sont excités par l'attouchement. La pensée et le jugement font de la sensation simple une tout autre chose. C'est sur la manière diverse dont les corps déterminent les états de nos nerfs que repose la sûreté des distinctions que nous établissons à l'aide de nos sens. Mais on conçoit aussi d'après cela pourquoi la connaissance que nous acquérons du monde extérieur par nos sens ne peut rien nous apprendre touchant la nature et l'essence de ce monde. Nous ne sentons jamais que nous dans nos relations avec des objets extérieurs, et, si, d'après la manière dont ils font que nous nous sentons, nous nous faisons de leur nature des idées qui peuvent avoir une certaine justesse relative, nous ne saurions avoir de cette nature même une intuition immédiate semblable à celle que notre *sensorium* acquiert des états des parties de notre corps.

VI. *Un nerf sensoriel paraît n'être apte qu'à un mode déterminé de sensation. Un sens ne peut donc point être suppléé par un autre sens.*

La sensation peut, dans chaque organe de sens, être portée jusqu'au degré qui la rend agréable ou désagréable, sans que, pour cela, elle change de nature et prenne les caractères de la sensation d'un autre organe sensoriel. L'agréable et le désagréable sont sentis par l'organe de la vue comme harmonie des couleurs et éblouissement, par celui de l'ouïe comme accord et discordance des sons; les sens du goût et de l'odorat ont des saveurs et des odeurs qui les flattent ou qui leur déplaisent; l'organe du toucher éprouve du plaisir ou de la douleur. Il paraît donc que, même quand les organes sensoriels sont affectés au plus haut degré, la sensation n'en conserve pas moins son énergie spécifique. Chacun sait que la sensation de la lumière, du son, des saveurs, des odeurs, n'est perçue que dans les nerfs correspondants; mais la chose est moins évidente pour ce qui concerne le toucher, et l'on peut surtout se demander si la sensation de la douleur n'est pas possible dans les nerfs des sens supérieurs; si, par exemple, une forte lésion du nerf optique est sentie seulement comme vive sensation de lumière, et non comme douleur. La solution de ce problème présente de grandes difficultés. Outre les nerfs sensoriels spécifiques, les organes des sens reçoivent aussi des nerfs tactiles: ainsi le nez, indépendamment des nerfs olfactifs, reçoit des nerfs sensitifs de la seconde branche du trijumeau; la langue possède à la fois le goût et le sentiment, dont chacun peut se perdre sans que l'autre soit aboli; il en est de même de l'œil et de l'organe auditif. Pour résoudre le problème, il faudrait faire des expériences sur les nerfs sensoriels isolés. Les observations qu'on a recueillies jusqu'à présent à ce sujet annoncent que les nerfs sensoriels ne sont susceptibles d'aucune autre sensation que de celle qui leur appartient en propre, et que le sentiment proprement dit ne leur est point dévolu. Magendie a trouvé les nerfs olfactifs du chien insensibles aux piqûres; il a remarqué aussi que les lésions mécaniques de la rétine et du nerf optique n'occasionnaient pas de douleurs. D'un autre côté, Tortual a constaté que la section du nerf optique, dans l'extirpation de l'œil, faisait apercevoir au malade

des masses considérables de lumière. Les cercles lumineux qui se produisent quand on tourne brusquement les yeux de côté, et qui sont dus au tiraillement du nerf optique, appartiennent déjà à la classe de ces phénomènes. Souvent il arrive, dans les cas où l'extirpation de l'œil est indiquée, que le nerf optique lui-même a subi une dégénérescence telle qu'il n'est plus apte à éprouver aucune sensation; on ne doit donc pas s'attendre à voir le phénomène observé par Tortual se représenter dans toutes les opérations du même genre; et en effet, il ne s'est point offert dans deux extirpations de l'œil qui ont été pratiquées à Berlin. Au reste, je ne sache pas que la section du nerf soit plus douloureuse qu'aucun autre temps de l'opération; or une pareille lésion, sur un nerf si volumineux, devrait entraîner d'atroces douleurs, et arracher subitement un cri violent aux animaux, s'il était doué de la sensibilité tactile.

Un nerf sensoriel, quand il vient à être irrité, peut, sans contredit, provoquer à son tour d'autres sensations, avec le concours du cerveau, c'est-à-dire par réflexion. Ainsi l'audition de certains sons, par exemple du bruit causé par le verre qu'on raie, détermine une sensation toute particulière, une sorte de frissonnement dans les nerfs tactiles. Il se peut également que la sensation d'une lumière éblouissante dans le nerf optique donne lieu, par réflexion, à une impression désagréable sur les nerfs sensitifs de l'orbite et de l'œil: du moins est-ce ainsi qu'on parvient à se rendre compte des sensations désagréables que l'on éprouve dans le globe oculaire après avoir été exposé à une lumière très vive.

En ce qui concerne l'olfaction, Magendie s'est évidemment trompé lorsqu'il a dit, d'après ses expériences sur la destruction des nerfs olfactifs, que la faculté de sentir les odeurs appartient aux branches nasales du nerf trijumeau; car les substances irritantes qu'il a employées, en les introduisant dans les narines, comme l'acide acétique, l'ammoniaque, l'huile de lavande et celle de Dippel, excitent d'une manière très puissante la sensibilité tactile de la membrane muqueuse du nez. Dans tous les cas bien observés d'absence des nerfs olfactifs, la faculté d'apprécier les odeurs n'existait pas non plus.

Personne ne contestera aux nerfs visuels le pouvoir d'agir sur les autres nerfs sensoriels, dans les limites assignées à l'influence qu'un nerf en général est susceptible d'exercer sur les autres par l'intermédiaire du cerveau. Quelle étendue n'ont pas les affections déterminées par une névralgie! quels désordres n'apporte pas dans les appareils des sens un état nerveux dont les organes abdominaux sont la source! N'est-il pas ordinaire de rencontrer alors des aberrations de la vue, des bourdonnements d'oreilles, etc., quoique, d'ailleurs, bien des phénomènes de ce genre, dont on rapporte l'origine au bas-ventre, aient une source beaucoup plus profonde, et se rattachent à l'irritation de la moelle épinière?

C'est à ce point de vue aussi qu'on doit envisager l'influence du nerf frontal sur le nerf optique et les gouttes sereines qui ont été observées à la suite de ses lésions; il est vrai que cette sorte d'amaurose, dont les modernes ont eu rarement occasion de rencontrer des exemples, serait peut-être plus exactement attribuée à la commotion de l'œil et du nerf optique, par suite de la contusion du front.

Les observations anatomiques alléguées en faveur du remplacement d'un nerf sensoriel par un autre reposent sur une base très précaire. On a prétendu que la branche ophthalmique du trijumeau servait de nerf optique à la taupe; cependant

och et Henle ont fait voir que cet animal a un véritable nerf optique, très grêle, ais proportionné au volume de son œil, et il en est vraisemblablement de même our le protée. Treviranus et E.-H. Weber ont fait voir que le nerf acoustique es poissons est indépendant du trijumeau. Quand bien même il arriverait à une aine nerveuse de renfermer des fibres dévolues à diverses fonctions, ce ne serait oint là une preuve que des sensations diverses pussent être transmises par un conducteur quelconque. C'est ainsi qu'on explique une particularité anatomique des poissons, chez lesquels existe un nerf accessoire de l'acoustique, qui naît tantôt du cerveau, tantôt du trijumeau ou de la paire vague (1), et cette autre disposition offerte ar certains oiseaux, dont, suivant Treviranus (2), le nerf vestibulaire serait une ranche du facial. Blainville, Mayer et Treviranus admettent des rudiments de nerfs lfactifs chez les dauphins (3); dès lors il n'y aurait pas nécessité de recourir à l'autres nerfs pour expliquer l'odorat chez ces animaux; mais on ignore s'ils sentent u non les odeurs.

Parmi les faits physiologiques dignes de créance, il ne se trouve aucun exemple le véritable remplacement d'un nerf sensoriel par un autre nerf entre lequel et lui xistent des différences spécifiques. On ne dirait pas aujourd'hui que les aveugles oient avec les doigts, parce que le toucher a pris chez eux un développement qui le rend exquis. Quant à la faculté de voir avec les doigts, ou avec le creux de l'estomac, pendant le sommeil magnétique, c'est un pur conte dans la bouche de ceux qui en parlent, et une jonglerie de la part des personnes qui prétendent la posséder. Les nerfs tactiles ne sont susceptibles d'aucune autre impression que de celles qui se rapportent au toucher: aussi n'est-il pas possible d'entendre autrement qu'avec les nerfs acoustiques; car ce que les nerfs tactiles sentent des vibrations des corps n'est qu'un sentiment de tremblement, et ne ressemble en rien au son; à la vérité, il n'est pas rare aujourd'hui de voir confondre ensemble les manières diverses dont les vibrations des corps agissent sur l'ouïe et le toucher. Sans l'oreille vivante, il n'y a pas de son au monde, mais seulement des vibrations. Sans l'œil vivant, il n'y a au monde ni clarté, ni couleurs, ni obscurité, mais seulement les oscillations d'une matière impondérable, la lumière, ou l'absence de celle-ci.

VII. *On ignore si les causes des énergies diverses des nerfs sensoriels résident en eux-mêmes ou dans les parties du cerveau et de la moelle épinière auxquelles ceux-ci aboutissent; mais ce qu'il y a de certain, c'est que les parties centrales des nerfs sensoriels au cerveau sont susceptibles d'éprouver, indépendamment des cordons ou conducteurs nerveux, les sensations déterminées propres à chaque sens.*

La sensibilité spécifique des nerfs sensoriels pour des stimulus particuliers doit sans doute résider en eux-mêmes, de manière, par exemple, que des vibrations d'une rapidité ou d'une lenteur permettant de les entendre, agissent seulement sur les sens de l'ouïe et du toucher, que des influences purement mécaniques, et s'exerçant sur les nerfs de la gustation, ne contribuent presque point à faire naître la sensation des saveurs, etc. Mais la réaction spéciale qui succède à l'excitation d'un nerf sensoriel peut avoir lieu de deux manières: ou les nerfs transmettent directement des qualités diverses au *sensorium*, ou des vibrations semblables dans

(1) E.-H. Weber, *De aure et auditu*, p. 33, 101.
(2) Treviranus, dans *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. V.
(3) Treviranus, *Biologie*, t. V, p. 342.

les nerfs font percevoir des qualités diverses au *sensorium*, suivant les qualités propres des portions de l'organe de ce dernier avec lesquelles les différents nerfs sensoriels sont en connexion. Le problème nous paraît insoluble pour le moment : il se lie à la question de savoir s'il y a une différence de qualité entre les fibres nerveuses sensorielles, motrices et organiques, si elles ne diffèrent les unes des autres que par la manière dont le courant et les oscillations du principe nerveux s'opèrent dans leur intérieur, ou si la diversité de leur action tient uniquement aux parties vers lesquelles elles se rendent. On a vu précédemment tout ce qu'il est permis aujourd'hui de dire à cet égard.

Ce qu'il y a de certain, c'est que certaines parties centrales du cerveau participent aux énergies spéciales des sens; car une compression exercée sur l'encéphale donne lieu à la sensation de la lumière. La paralysie complète de la rétine ne détruit pas la possibilité d'images lumineuses déterminées par des causes internes (1). Un homme dont l'œil avait été vidé, et que Humboldt galvanisait, n'en apercevait pas moins de ce côté des phénomènes de lumière (2). Lincke rapporte qu'un malade auquel il avait fallu extirper un œil devenu cancéreux, vit le lendemain toutes sortes de phénomènes lumineux subjectifs, qui le tourmentèrent au point de faire naître en lui l'idée qu'il les apercevait réellement avec ses yeux; en fermant l'œil sain, il voyait flotter devant son orbite vide des images diverses, des lumières, des cercles de feu, des personnages dansants; ce symptôme persista pendant quelques jours (3).

De même, certaines personnes qui ont perdu toute aptitude à percevoir les impressions extérieures sur les membres, y éprouvent parfois des sensations, même de vives douleurs. Il est probable qu'ici également les organes centraux sont la cause de ces sensations, et, comme les énergies sensorielles spéciales appartiennent à certaines parties du *sensorium*, la question se réduit à savoir si les conducteurs des impressions extérieures, c'est-à-dire les nerfs, participent ou non à ces propriétés. Il ne nous est pas possible d'y répondre aujourd'hui, car les faits s'expliquent tout aussi bien dans l'une que dans l'autre hypothèse. On ne peut pas considérer comme une preuve de la participation des nerfs eux-mêmes et des énergies sensorielles déterminées, que des causes internes donnent souvent lieu à des sensations qui se propagent vers la périphérie, puisqu'il arrive fréquemment aussi aux affections des parties centrales du système nerveux de se trahir par des symptômes dont le siége est rapporté à l'extérieur.

VIII. *Les nerfs sensoriels ne sentent immédiatement que leurs propres états, ou le sensorium sent les états des nerfs sensoriels; mais, comme ces derniers, en leur qualité de corps, participent aux propriétés d'autres corps, comme ils occupent de l'étendue dans l'espace, qu'un ébranlement peut leur être communiqué, et qu'ils sont susceptibles d'éprouver des changements chimiques de la part de la chaleur et de l'électricité, il suit de là que, quand ils viennent à être modifiés par des causes extérieures, ils indiquent au sensorium, non seulement leur état propre, mais encore les qualités et les changements du monde*

(1) J'en ai rapporté des exemples dans mon ouvrage *Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen*. Coblentz, 1836.

(2) *Die gereizte Muskel-und Nervenfaser*, t. II, p. 444.

(3) *De fungo medullari*. Leipzick, 1834.

extérieur, et cela d'une manière propre à chaque sens, en raison de ses qualités ou énergies sensorielles.

Les qualités qui naissent, comme sensations, du conflit entre les nerfs sensoriels et les organes des sens, sont la sensation de la lumière, de la couleur, du son, de l'amer, du doux, du fétide, du fragrant, de la douleur, du plaisir, du froid, du chaud. Celles qui peuvent être déterminées entièrement par des causes du dehors sont l'étendue, le mouvement progressif, le mouvement vibratoire, le changement chimique.

Tous les sens ne conviennent pas également pour communiquer au *sensorium* l'impression de l'étendue dans l'espace. Le nerf optique et le nerf tactile indiquent cette étendue, parce qu'ils sont susceptibles de sentir exactement la leur propre. C'est dans le sens du goût que cette sensation existe au degré le plus vague, et néanmoins elle s'y trouve, car on lui doit de pouvoir déterminer l'étendue d'une saveur douce, amère, nauséeuse, sur la langue, au palais et dans la gorge. Le sens du toucher et celui de la vue sont ceux qui distinguent l'espace avec le plus de netteté. La membrane nerveuse du nerf optique a une texture qui la rend parfaitement appropriée à ce genre de perception ; car, d'après la découverte de Treviranus, les extrémités des fibres nerveuses sont disposées de telle sorte, dans la rétine, qu'elles finissent par en traverser perpendiculairement toute l'épaisseur, et que leurs extrémités papilliformes serrées les unes contre les autres représentent une membrane constituée en manière de pavé ou de mosaïque. Du nombre de ces extrémités dépend la netteté avec laquelle l'espace est distingué par le sens de la vue; car chaque fibre représente un champ plus ou moins visible dans une impression commune simple que ces fibres communiquent au *sensorium*. La distinction de l'espace par le sens du toucher est bien plus étendue, à la vérité, que celle par le sens de la vue; mais elle a beaucoup moins de précision, et des portions considérables de la surface du corps ou de la peau sont souvent représentées dans le *sensorium* par un petit nombre seulement de fibres nerveuses; d'où il arrive, ainsi que l'a fait voir E.-H. Weber, qu'il y a certaines parties de notre corps où deux points de la peau assez distants l'un de l'autre ne sont sentis que comme un seul point. Quoique les sens de la vue, du toucher et du goût soient tous trois aptes à sentir l'espace, la qualité de ce qu'ils sentent comme tel varie dans chacun d'eux suivant les qualités des nerfs; dans le premier cas, c'est une image dont la qualité est la lumière; dans le second, une sensation de l'espace, dont la qualité peut être l'une des innombrables modifications du toucher comprises entre la douleur, le froid, le plaisir, la chaleur; dans le troisième, une sensation de l'espace, avec appréciation d'une saveur.

La cause extérieure qui existe dans le sens, à savoir, la sensation avec étendue dans l'espace, peut être différente. Pour l'organe de la vue, c'est ordinairement la lumière; mais ce peut être aussi un choc qui détermine une sensation lumineuse dans cet organe. En effet, lorsqu'une partie seulement de la rétine est comprimée, il ne se produit non plus qu'un champ lumineux correspondant à cette partie, et qui occupe un emplacement déterminé dans le champ visuel. L'électricité elle-même peut occasionner dans l'œil des images de forme déterminée, comme des lignes de feu, dont la situation varie suivant celle des pôles, sujet sur lequel je reviendrai plus tard. Dans l'organe du toucher, la lumière produit bien aussi la sensation de

i du goût distingue également le mouvement de la saveur sur l'organe.
eption des vibrations est possible à plusieurs sens, surtout à l'ouïe et au
ais même à la rétine et au nerf optique. Pour l'ouïe, les ébranlements
ués au nerf acoustique par l'appareil conducteur du son, et en dernier
au du labyrinthe, ne sont entendus, lorsqu'ils se succèdent avec assez de
ue comme un son dont l'élévation croît avec la vitesse des vibrations:
ont très lents, le nerf acoustique, non seulement distingue leur expres-
nune comme son déterminé, mais encore aperçoit assez facilement
ose de leurs vibrations isolées, comme bruit.

rations de corps qui produisent le son dans l'organe auditif sont senties
fs tactiles de la peau comme tremblement, et souvent elles causent une
ı totale de chatouillement lorsque le corps vibrant, par exemple un
se rapproche de parties riches en facultés sensitives. Ces phénomènes
itement parallèles à ceux de l'organe auditif. De même que les chocs
s font naître, dans l'ouïe, la sensation du bruit quand elles sont isolées,
ı son lorsqu'elles se succèdent avec vitesse, de même aussi le nerf sen-
les tremblements successifs, et en même temps, si les vibrations ont
apidité, il éprouve la sensation particulière à l'organe du toucher, celle
illement.

e, les expériences avec la roue de Savart et la sirène de Cagniard-Latour
que le mouvement ondulatoire n'est point nécessaire pour donner lieu à
de l'organe auditif, et qu'une succession rapide d'impulsions mécaniques
n effet identique avec celui des vibrations. Dans la sirène, un courant
e liquide qui s'échappe par une ouverture est momentanément inter-
r chaque dent d'une roue qui tourne avec rapidité sur elle-même: les
qui résultent de là, et qui sont transmises à l'organe de l'ouïe, sont la
sons, dont l'élévation croît avec le nombre des interruptions dans un
né. A ce point de vue aussi, les effets des chocs d'un corps sur l'organe
r font parallèle aux phénomènes que présente l'organe auditif; car,
ient à être touché par un diapason vibrant, le nerf sensitif reçoit aussi
ssion rapide de chocs, dont chacun, pris à part, n'aurait point été en état
re la sensation du chatouillement.

lté de distinguer le temps, dans la succession des impressions, appar-
ns les sens: seulement, elle est très prononcée dans le nerf acoustique,
acquis un développement extraordinaire. L'instrument de Savart, dans
sons résultent du frottement d'une roue tournante contre un corps, a
moyen de déterminer avec plus de précision qu'on n'avait pu le faire
s, quels sont, parmi les sons, les plus aigus et les plus graves que
umaine ait l'aptitude de distinguer. Savart a montré que, quand la force
nte, on perçoit encore des sons qui correspondent à vingt-quatre mille
quarante-huit mille vibrations simples par seconde. Deux chocs succes-
uatre vibrations à la suite l'une de l'autre suffisent déjà pour former un
ciable, c'est-à-dire qu'un son qui, pour durer une seconde, exige mille
dant ce laps de temps, devient perceptible alors même seulement qu'on
que deux chocs, et peut être distingué d'un autre son qui aurait deux
es et plus par seconde. D'où il suit que l'ouïe peut distinguer jusqu'à

un douze-millième de seconde, puisque le son le plus aigu qu'il soit possible d'obtenir avec l'instrument de Savart comporte vingt-quatre mille chocs par seconde.

L'œil peut bien communiquer l'image d'un corps vibrant au *sensorium*, et il distingue les vibrations lorsqu'elles sont très lentes; mais, dans ce cas, les vibrations ne sont point communiquées au nerf optique, de façon que celui-ci les répète de la même manière que peut le faire le nerf acoustique par son expansion sur les parties qui contiennent l'eau du labyrinthe. Le nerf optique ne se trouve pas dans des conditions telles qu'il puisse propager ou recevoir des vibrations de l'espèce de celles d'un corps sonore; il faudrait pour cela que, à l'instar du nerf acoustique, il s'étalât sur des sacs membraneux pleins d'eau, entourés aussi de liquide à l'extérieur, et communiquant avec un appareil conducteur des vibrations. Si le nerf optique était apte à percevoir les vibrations comme le nerf acoustique et le nerf tactile, une vibration d'un corps, transmise par l'air à la rétine de l'œil, devrait y faire naître une sensation générale de lumière, comme elle en détermine une de son dans l'organe auditif. J'ai déjà eu l'occasion de dire que les secousses d'un diapason, quand l'instrument touche le bulbe de l'œil, ne sont pas suffisantes pour exciter la sensation spéciale du nerf optique dans l'obscurité. La cause peut tenir à la faiblesse des secousses ou à leur lenteur. Peut-être la faiblesse des secousses, qui n'agissent pas immédiatement sur la rétine, est-elle le point capital; car un choc violent imprimé à la partie de l'œil où se trouve la rétine donne lieu à la sensation de la lumière. Peut-être aussi des chocs, même très faibles, excitent-ils cette sensation, lorsque, se répétant avec une bien plus grande rapidité, ils portent sur la rétine elle-même. C'est à ce point de vue que l'on considère les effets sur l'œil de la lumière extérieure, dont l'action mécanique par des oscillations est celle qui réunit le plus de probabilités en sa faveur dans l'état présent de la physique. Newton s'était déjà servi de la théorie des ondulations de la lumière pour expliquer la vision. Dans cette théorie, les couleurs sont attribuées à la vitesse des vibrations et des ondes lumineuses. Les ondes lumineuses qui produisent la sensation du bleu sont les plus courtes. Suivant Herschel, leur longueur est de 16,7 millionièmes de pouce anglais, et leur nombre de sept cent vingt-sept billions par seconde. Les ondes lumineuses du rouge sont les plus longues; leur longueur est de 26,7 millionièmes de pouce, et leur nombre de quatre cent cinquante-huit billions par seconde (1). Les vibrations des corps qui produisent des sons sont beaucoup plus lentes. La colonne d'air du tuyau d'orgue de trente-deux pieds fait trente-deux vibrations par seconde. Selon Savart, on peut déjà apprécier des sons qui résultent de sept à huit coups par seconde, et quand chaque vibration fait une impression d'un seizième de seconde.

Nous sommes informés de certains effets chimiques par plusieurs sens, principalement par l'odorat, le goût, le toucher, dont chacun nous les exprime au moyen de son énergie spéciale. A la vérité, c'est sur l'odorat qu'agissent avec le plus de force les corps volatils qui exercent une influence chimique sur les nerfs, et ce sens éprouve l'action de plus d'une substance qui ne fait aucune impression sur ceux du goût et du toucher, comme sont beaucoup de matières odorantes, en

(1) Gehler, *Physikalisches Wörterbuch*, t. VI, p. 349. — Kunzek, *Die Lehre vom Lichte*. Lemberg, 1836, p. 290.

particulier les émanations des métaux, du plomb, de certains minéraux, etc. Mais, en général, on ne peut pas dire qu'il n'y ait que l'organe olfactif qui perçoive les substances volatiles, car celles-ci peuvent également agir sur les organes du toucher et du goût, quand elles sont de nature à exercer une action chimique sur eux et qu'elles se dissolvent dans les liquides qui les couvrent. Certaines substances volatiles agissent avec beaucoup de violence sur les nerfs sensitifs de quelques membranes muqueuses, par exemple de la conjonctive, de la muqueuse pulmonaire, et n'y font naître que de simples impressions tactiles ; tels sont encore les gaz âcres et suffocants. Il y en a beaucoup aussi qui excitent vivement l'organe tactile de la peau dénudée de son épiderme, et qui y provoquent la manifestation des qualités propres aux nerfs du toucher, comme de l'ardeur, des douleurs, etc.

On ignore si les liquides peuvent agir sur l'organe olfactif de manière à y provoquer la sensation des odeurs. La situation cachée de cet organe rend assez rares les occasions de faire des expériences à ce sujet. Quoique jusqu'à présent on n'ait encore jamais rien observé de semblable chez l'homme, nous ne sommes cependant point en droit de nier *a priori* que la chose puisse avoir lieu, puisque les émanations volatiles sont obligées de se dissoudre dans l'humidité des surfaces muqueuses, avant d'agir sur les nerfs olfactifs. D'ailleurs les poissons nous offrent l'exemple d'animaux qui flairent des substances dissoutes, et je ne vois aucune difficulté à admettre qu'un animal puisse sentir les liquides comme odeur dans les nerfs olfactifs tout aussi bien que comme saveur dans les nerfs gustatifs. Entre flairer dans l'air et flairer dans l'eau, il y a le même rapport qu'entre respirer dans l'air et respirer dans l'eau.

Les liquides déterminent dans les nerfs, tant de l'organe du toucher que de l'organe du goût, des modifications chimiques que chacun de ces nerfs sent d'une manière différente. La moutarde agit tout autrement sur la peau que sur la langue : il en est de même des acides, des alcalis, des sels. A la vérité, l'action chimique de ces substances doit être la même partout, mais la réaction varie suivant les forces qui animent les nerfs. A la langue, les deux genres d'effets ont lieu très probablement dans des nerfs différents, et peuvent être excités par une même substance. De tous les nerfs, celui du goût est le plus exposé aux actions chimiques, et le plus susceptible de ressentir les moindres modifications de la constitution chimique des corps. Les états dans lesquels les nerfs du toucher sont mis par les actions chimiques présentent infiniment moins de variétés quant au mode de sensibilité tactile ; à la peau, du moins, ces nerfs sont garantis par l'épiderme de l'impression des agents chimiques.

Par leur conflit avec les agents chimiques du dehors, les trois sens inférieurs, l'odorat, le goût et le toucher, jouent un rôle important lorsqu'il s'agit de distinguer et de reconnaître les substances, quoiqu'aucun d'eux ne nous fournisse la moindre donnée relativement aux propriétés intimes des corps. Les impressions ont même ni constamment identiques quand elles proviennent de corps ayant même constitution chimique, ni constamment différentes lorsqu'elles sont dues à des corps dont la composition chimique diffère.

Les sens supérieurs ne sont point exposés à l'action des modificateurs chimiques du dehors, d'où il faut bien se garder, néanmoins, de conclure que les sens inférieurs sont seuls susceptibles de la ressentir.

Une différence fort importante entre les sens est celle qui naît de la manière dont ils nous informent de la distance des corps. A proprement parler, tous n'indiquent que ce qui a lieu immédiatement et présentement en eux. L'œil ne sent rien des corps éclairés ; il est rencontré par les extrémités des rayons lumineux qui parviennent jusqu'à lui, et il sent les points de la rétine que ces rayons affectent. L'organe auditif ne sent rien des corps vibrants, et il ne sent que les chocs qui lui sont communiqués à l'occasion de leurs vibrations. Mais l'imagination ne tarde pas à acquérir un empire tel, dans les actes du sens de la vue, que ce sens nous semble agir en dehors, que les objets eux-mêmes prennent la place de leurs images superficielles, et que l'image d'une région qui a pour espace l'encadrement d'une croisée, devient pour nous l'intuition des objets voisins et éloignés eux-mêmes. Dans les sens inférieurs, l'imagination n'a pas le pouvoir de changer à ce point la sensation : nous en transportons bien aussi le contenu aux objets ; mais, comme les objets excitent les sensations du toucher et du goût par leur contact immédiat, la réflexion nous procure sur-le-champ la conscience du plus ou moins de certitude avec laquelle l'affection de nos organes permet que nous admettions telle ou telle propriété dans les corps mis en contact avec eux.

IX. *Il n'est pas dans la nature même des nerfs de placer actuellement hors d'eux le contenu de leurs sensations ; l'imagination, instruite par l'expérience qui accompagne nos sensations, est la cause de ce déplacement.*

Pour connaître l'action première et spontanée des sens, indépendante de toute éducation, il faudrait que nous pussions avoir un souvenir parfait de nos premières impressions sensorielles, indépendamment de toute idée acquise par elles: or, cela est impossible ; car, même chez l'enfant, les premières impressions que ses sens reçoivent sont déjà accompagnées d'idées. Le seul moyen qui nous reste est d'examiner les actes de la sensation et de la représentation, eu égard à leur contenu. En analysant l'opération de l'esprit qui a lieu pendant l'exercice d'un sens, nous trouvons deux oppositions : le sujet possédant la faculté de sentir et la conscience de soi-même, pour lequel les états de son corps, dus à des causes internes ou externes, deviennent des objets immédiats, et le monde extérieur avec lequel le corps de ce sujet entre en conflit. Pour la conscience, pour le moi, toute sensation, toute modification déterminée par une cause du dehors, toute passion, est déjà une chose extérieure. Le moi s'expose comme sujet libre aux sensations les plus violentes, aux douleurs les plus aiguës. Le membre qui nous cause de la douleur peut être enlevé sans que le moi en ressente aucune atteinte, et celui-ci peut perdre la plupart des membres de l'organisme sans pour cela cesser d'être ce qu'il était auparavant. Mais, en se plaçant à ce point de vue de l'idéalisme, il n'y a point encore de distinction faite entre cet extérieur que, par rapport au moi, nos membres vivants représentent à la conscience, à l'âme, et cet autre extérieur constitué par les corps qui entourent le nôtre. C'est dans le sens du toucher qu'on parvient le plus facilement à reconnaître comment cette distinction s'établit, et il est aussi le premier de tous qui entre en conflit actif avec le monde extérieur. Si nous supposons un être humain, qui, sans jamais avoir éprouvé une seule sensation visuelle, comme l'enfant dans la matrice, n'ait eu que de simples sensations tactiles dues à des impressions faites du dehors sur son corps, la première idée vague et confuse ne pourra être que celle du moi

nt suivant que deux parties de son corps se touchent l'une l'autre, produi-
insi une double sensation dans les parties mises en contact, ou suivant
e partie de son corps perçoit seulement la résistance du corps. Dans le pre-
as, celui, par exemple, où un bras touche l'autre, la résistance est le propre
le l'enfant lui-même, et le membre qui l'oppose n'éprouve pas moins de
on que l'autre membre qui touche : les membres, tout à la fois, sentent et
ojets extérieurs de sensation. Dans le second cas, ce qui porte obstacle pro-
la conscience la notion d'un objet extérieur qui n'appartient pas au corps
; le membre qui touche n'éveille pas l'idée d'une partie soumise au moi et
enant au tout vivant. Il naîtra donc dans l'enfant la notion d'une résistance
on propre corps peut opposer à d'autres parties de son corps, et en même
celle d'une résistance qu'un extérieur absolu peut offrir aux parties de son
corps. Dès lors la notion d'un monde extérieur, comme cause de sensa-
existe. Quoique l'être animal ne sente jamais immédiatement que sa propre
ne, ses nerfs affectés, sa peau affectée, la sensation des causes extérieures
t dès lors inséparable de celle de toucher. La sensation de tout homme
en est à ce point. Quand nous posons la main sur une table, nous avons
ur-le-champ la conscience, en y réfléchissant, de sentir seulement la partie
re main qui touche la table, et non celle-ci même ; mais, si nous n'y réflé-
s pas, nous confondons tout de suite la sensation de la surface touchée de
peau avec l'idée de la résistance, et nous prétendons hardiment que nous
s la table elle-même, ce qui n'est pas vrai. Si nous promenons la main sur
able, il naît en nous l'idée d'un corps plus grand que celui qui pourrait
ouvert par elle. S'il faut, pour embrasser la résistance, que la main se
en diverses directions, nous acquérons l'idée de surfaces qui sont placées
férents sens, et par conséquent d'un corps extérieur remplissant une cer-
étendue de l'espace. La sensation que nous avons des mouvements de

pas primitivement dans le *sensorium*, de manière à n'être qu'éveillée et appliquée quand nous sentons, elle doit naître expérimentalement dès les premiers moments que le sens du toucher entre en exercice.

L'idée vague d'un corps sentant, opposé au monde extérieur et remplissant lui-même l'espace, et celle de l'étendue des choses extérieures dans ce même espace, existent déjà, ont même acquis un certain degré de lucidité, avant que le sens de la vue entre en action, au moment de la naissance. Elles rendent promptement intelligibles les sensations du sens de la vue, auxquelles l'individu ne tarde pas à faire l'application des notions qu'il a déjà acquises.

Il est extrêmement difficile, sinon même totalement impossible, de se figurer avec quelque vraisemblance comment l'enfant juge les premières impressions qu'il reçoit sur sa rétine, et de décider s'il considère l'image formée dans l'œil comme une partie de son corps ou comme une chose hors de lui. Dans tous les cas, il ne peut y avoir croyance à l'identité du moi avec l'image formée; car, de même que la douleur et tout ce qui est senti, elle constitue un objet opposé à ce moi, au sujet. Mais c'est une autre question de savoir si elle est réputée partie intégrante du corps vivant, ou chose située hors du corps, à distance de lui. On a souvent prétendu qu'il est dans la nature du sens de la vue que le sujet ne se représente pas la sensation dans l'endroit où elle a lieu, comme il le fait par le sens du toucher, que la rétine ne se perçoit pas elle-même à l'état de sensation, et que celle-ci est rapportée, non pas au lieu même de la rétine, mais loin de là, à l'endroit où se trouve un objet. Cependant on ne saurait donner la preuve de ces assertions; car l'obscurité devant les yeux fermés, qui est la sensation du repos et de l'état non excité de la rétine, n'est sentie non plus qu'au-devant des yeux, par conséquent au lieu où se trouve l'organe sensible, et elle ne l'est jamais ni derrière nous, ni sur les côtés, ni à distance. Mais ce champ visuel obscur des yeux fermés est précisément la table rase sur laquelle tous les contours des formes visibles se dessinent ensuite comme affections de parties déterminées de la rétine.

Si les idées des objets extérieurs, comme causes de la sensation au moyen du sens de la vue, n'étaient pas déjà nées, le premier exercice de la vue devrait être suivi du même acte que nous avons vu succéder au premier exercice du toucher. Les affections de la rétine apparaîtraient au moi comme objet opposé à lui, mais d'une manière vague, et sans qu'on sût si elles ont lieu hors du corps vivant ou en lui. Mais l'enfant vient au monde avec une idée confuse, et de son propre corps, et des choses extérieures, avec l'idée de la réalité de ces dernières comme causes de sensations. Il confond déjà la sensation et l'idée de l'objet de la sensation. Voici ce qui doit se passer ensuite, autant du moins qu'il est permis de le conjecturer.

Les images des objets sont réalisées en surface dans la rétine, qui n'a elle-même d'étendue qu'en surface. Elles ne procureront donc que l'idée d'une surface, sans en faire naître aucune de proximité, d'éloignement, ni de corporalité. Quelque promptement que l'enfant les établisse hors de lui, ce sont pour lui des surfaces placées à une certaine distance, et il cherche à saisir les plus éloignées comme les plus rapprochées: il veut prendre la lune. L'aveugle-né à qui Cheselden rendit la vue par l'opération voyait toutes les images comme si elles eussent été étendues sur

une surface, quoique le sens du toucher eût développé en lui des idées très nettes du monde corporel : il lui semblait que les objets pénétrassent en lui.

La distinction entre les images du monde extérieur et celle du propre corps, qui se représente avec le monde extérieur dans le cadre du champ visuel, aura lieu de la manière suivante. Une partie de notre corps projette une image dans notre œil, comme le ferait un objet du dehors. Cette partie de notre corps visible à nous-mêmes avec les objets extérieurs est plus ou moins grande selon sa situation : elle peut être une portion considérable ou faible du tronc ou des membres ; quant à notre tête, l'image projetée sur notre rétine n'en contient qu'une très petite partie, savoir, la surface et le bout du nez, les sourcils et les lèvres. Cette image de notre corps occupe régulièrement, dans presque toutes les impressions visuelles, une place déterminée à la partie supérieure, moyenne, inférieure, du champ visuel : elle demeure constante, tandis que les autres images varient continuellement.

Ainsi, l'enfant distingue bientôt l'image de son propre corps, qui est constante, de celles qui se déplacent suivant les mouvements du corps et des yeux. Les mouvements de cette image de son corps ne tardent pas à lui procurer plus sûrement encore l'idée de son propre corps, par opposition aux corps absolument extérieurs ; car, à ces mouvements qu'il voit dans l'image de la rétine correspondent des mouvements réels et intentionnels du corps lui-même. Les sensations tactiles qu'il a de son corps se combinent avec les sensations visuelles qu'il en acquiert. Lorsqu'il touche une partie de son corps avec sa main, il voit, dans l'image de la rétine, cet acte accompli aussi par le corps, puisque l'image de la main y touche l'image du corps. De cette manière les idées deviennent tellement arrêtées, pour les sensations visuelles, que nous ne nous contentons pas de placer hors de nous l'image, qui ne consiste essentiellement qu'en un assemblage d'affections de parties aliquotes de notre rétine, mais que nous confondons complétement ce que nous sentons avec les objets, malgré les différences de grandeurs.

Il y a plus encore : le champ visuel, qui n'est qu'une surface, ne tarde même pas à devenir, dans la représentation, un espace étendu en toutes directions ; car, à chaque mouvement de notre corps, à chaque pas fait en avant, les formes des images changent, ce qui était éloigné se rapproche de nous, et ce qui était proche de nous présente d'autres côtés. Ce déplacement des images dans l'organe visuel, pendant la locomotion de notre corps, doit produire le même effet que si nous marchions entre elles ; car l'image de notre propre corps se rencontre, pendant le mouvement, avec des images d'objets extérieurs qui changent à chaque instant, et la locomotion est la cause de ces déplacements.

Concluons de tout ce qui précède que la faculté de rapporter au dehors ce dont nous avons la sensation est un résultat du concours de l'imagination et des nerfs, et non l'effet du sens seul, qui, livré à lui-même, ne sentirait autre chose que ses affections.

X. *Non seulement l'âme reçoit le contenu des sensations acquises par les sens, et les interprète de manière à produire des représentations et des idées, mais encore elle a de l'influence sur ce contenu, en donnant plus de précision et de netteté à la sensation. Cette intention peut s'isoler, pour les sens qui distinguent l'étendue, aux diverses parties de l'organe sensible, et pour ceux qui distinguent le*

temps, aux divers actes de la sensation. Elle peut aussi faire acquérir à un sens la prépondérance sur les autres.

L'attention ne saurait se consacrer à un grand nombre d'impressions à la fois. Si plusieurs ont lieu en même temps, leur netteté diminue en raison de leur multiplicité, ou l'âme n'en perçoit qu'une bien distinctement, et n'a qu'une notion confuse des autres, ou elle n'en est point du tout informée. Si l'attention est détournée des nerfs sensoriels, et que l'âme soit plongée dans la méditation ou absorbée par des passions profondes, les sensations des nerfs demeurent complétement indifférentes au moi, qui ne s'en aperçoit pas, c'est-à-dire qui n'en a pas la conscience, ou du moins en a une si faible, que l'âme ne peut point s'y arrêter, à cause de la prédominance d'une idée fixe, ou qu'elle ne s'en souvient qu'au bout d'un certain laps de temps, quand l'équilibre est rétabli, quand l'idée qui l'occupait a en quelque sorte abandonné le plateau de la balance. On conçoit aisément, d'après cela, le degré de perfection que certains sens peuvent acquérir, lorsque d'autres demeurent dans une inaction absolue : l'attention, alors, ne se trouve plus partagée en plusieurs sens, et elle se consacre tout entière à l'analyse des sensations de celui qui l'occupe. Le toucher est tellement perfectionné chez les aveugles, qu'ils distinguent sans peine de très petites aspérités, par exemple, les reliefs d'une pièce de monnaie, et qu'ils parviennent quelquefois à distinguer le corps ou le grain d'une couleur de celui d'une autre.

Mais l'intention analyse aussi les détails d'une sensation. Comme l'âme n'est pas capable de consacrer la même attention à toutes les parties d'un point affecté de la peau, la sensation de ces parties ne devient nette que d'une manière successive, par le transport de l'attention d'une portion des fibres nerveuses à d'autres. L'intention peut faire qu'une faible sensation de prurit dans un point de la peau du visage acquière un degré extraordinaire d'intensité fatigante et de durée, tandis qu'elle se dissipe d'elle-même lorsqu'on parvient à l'oublier. La même chose a lieu pour l'organe de la vue. Si l'on voulait consacrer son attention à l'étendue entière du champ d'une sensation visuelle, on ne verrait rien d'une manière nette. L'intention se porte tantôt sur un point, tantôt sur un autre ; elle passe successivement en revue les détails de la sensation, et ce sur quoi elle s'appesantit est toujours mieux vu que le reste de la même sensation. Il ne faut pas entendre seulement par là que le milieu de la rétine, où la sensation a le plus de vivacité, se tourne successivement vers diverses parties de l'objet, de manière que le reste soit vu d'une manière indistincte ; car, sans que l'axe visuel change, l'intention peut aussi se consacrer à la partie de la sensation visuelle qui est située sur le côté. Lorsque nous considérons une figure mathématique complexe, nous pouvons, l'axe visuel restant le même, voir successivement mieux les divers éléments dont elle se compose, et ne pas faire attention au reste de la figure. Un carré traversé par des lignes nous cause une tout autre impression, suivant que nous devenons attentifs à telle ou telle partie de l'ensemble ; nous pouvons nous occuper exclusivement d'un triangle, puis, au bout de quelques instants, arrêter notre attention sur une autre figure qui le traverse, et dont, tant que nous étions livrés à le contempler, nous n'apercevions pas les linéaments, bien qu'ils existassent déjà. Les décorations de l'architecture, les rosaces, les arabesques, sont dans le même cas, et le charme de ces figures tient en grande partie à la puissance

avec laquelle elles forcent notre attention à se promener, pour ainsi dire, sur les détails, ce qui semble leur donner pour nous une sorte d'animation. Il est vrai qu'en général les deux yeux, quand ils jouissent de la même portée, voient simultanément; mais l'intention peut rendre prédominante l'impression reçue par l'un deux, comme je le prouverai empiriquement par la suite; on n'a pas de peine à démontrer, d'une manière péremptoire, que, quand nous regardons de nos deux yeux, une sorte de rivalité s'établit entre eux, à notre insu, même dans les conditions les plus ordinaires de la vue, et que l'impression est toute différente après la rupture de l'équilibre. Je citerai, par exemple, l'expérience dans laquelle on regarde une feuille de papier blanc avec les deux yeux armés de verres d'une couleur diverse; les impressions du bleu et du jaune se mêlent difficilement ensemble; c'est tantôt le bleu et tantôt le jaune qui prédomine; dans certains moments, on aperçoit des taches nuageuses bleues sur un fond jaune, ou des taches jaunes, de grandeur variable, sur un fond bleu; dans d'autres, l'une des couleurs règne seule et absorbe entièrement l'autre. L'apparition par taches d'une des couleurs sur l'autre prouve même que l'intention peut se partager entre une partie de la rétine d'un œil et certaines parties de la rétine de l'autre.

Dans le sens de l'ouïe, qui ne distingue pas l'étendue comme ceux de la vue et du tact, mais qui a une sensibilité si délicate pour les divisions du temps, les effets de l'intention sont différents. L'organe auditif distingue localement tout au plus que c'est l'une ou l'autre oreille qui entend, ou qui entend mieux, et alors il se peut très bien sans doute que, quand les deux oreilles sont frappées de sons différents, l'attention se consacre davantage à l'une ou à l'autre impression. Mais ce qu'il y a d'admirable, c'est l'effet de l'intention relativement à la distinction des sons faibles : d'ordinaire, les faibles sons accessoires ou harmoniques des cordes et autres instruments de musique passent inaperçus : or, l'intention peut en rendre la sensation assez prononcée pour qu'elle nous frappe, et elle jouit de la même puissance à l'égard des moindres bruits. Une aptitude plus surprenante encore est celle de pouvoir, parmi les nombreux sons simultanés que fait entendre un orchestre, suivre à volonté ceux de tel ou tel instrument, qui, bien que plus faibles que les autres, diminuent alors l'impression de ces derniers sur notre organe.

Avant de terminer cette introduction, j'ai encore à examiner la question de savoir si le nombre des sens est limité, et s'il ne peut pas y en avoir, chez certains animaux, d'autres que ceux qui appartiennent à notre espèce. On connaît l'illusion dans laquelle Spallanzani est tombé en attribuant un sens particulier aux chauves-souris, parce qu'il les voyait, après la perte de leurs yeux, voler encore avec assez d'adresse pour éviter de se heurter contre les murailles. On sait aussi que certains auteurs ont accordé un sens spécial aux animaux pour expliquer l'espèce de pressentiment qu'ils ont des changements de temps. Comme l'état de la pression atmosphérique, la quantité de vapeur aqueuse dans l'air, la température, l'électricité, exercent une action considérable sur l'économie animale entière de notre corps, on conçoit très bien la possibilité d'une telle influence de leur part, et même d'une plus prononcée encore, sur certains animaux : mais, dans quelque dépendance qu'un être vivant puisse être placé des variations du temps, il n'y a point pour cela, quant à la sensation, de nouveau sens chez lui. La constitution atmosphé-

rique peut être sentie par les états du système nerveux entier, et surtout par les sensations des nerfs qui sont les plus nombreux, qui sont le plus exposés à son influence, les nerfs tactiles. Un sens spécial pour l'électricité n'est point admissible *a priori;* car l'électricité agit sur tous les sens, dont elle excite les énergies particulières. L'essentiel d'un nouveau sens ne tient pas à ce qu'il procure la perception d'objets extérieurs qui n'agissent point ordinairement sur les sens, mais à ce que les causes extérieures provoquent un mode spécial de sentir qui ne se trouve pas encore contenu dans les sensations de nos cinq sens. Un mode particulier de sentir dépendrait des forces du système nerveux. Sans doute on ne saurait affirmer *a priori* qu'il n'existe rien de semblable chez aucun animal; mais nul fait connu ne nous autorise à penser le contraire, et d'ailleurs il est absolument impossible de rien apprendre touchant la nature d'une sensation sur d'autres que sur soi-même.

On a voulu considérer comme une sorte de sens à part les sensations internes au moyen desquelles nous sommes informés des états de notre corps, l'espèce de sensibilité générale ou collective qui a reçu le nom de *cœnœsthesis.* Cette distinction est vicieuse ; car les sensations que la sensibilité générale nous procure sont du même genre que celles de la peau, seulement plus vagues et plus confuses dans certains organes. Peu importe pour le sens qu'il soit exercé du dehors ou du dedans, et il n'y a pas de sens dans lequel nous distinguions les sensations objectives et les sensations subjectives comme deux choses essentiellement différentes l'une de l'autre. A la vérité, le mot de toucher n'exprime qu'un rapport particulier du sens tactile, son rapport avec le monde extérieur; mais le toucher n'amène à la perception que les énergies de ce sens, auxquelles servent partout les mêmes nerfs à racines doubles, les nerfs cérébraux et rachidiens mixtes. Lorsqu'on veut signaler la mise en action de ce sens par la volonté, on dit palper, au lieu de toucher, tout comme, pour rendre la même idée à l'égard des autres sens, on remplace les mots de voir, entendre, goûter et odorer, par ceux de regarder, écouter, savourer et flairer (dépister).

SECTION I.

DU SENS DE LA VUE.

CHAPITRE PREMIER.

Des conditions physiques des images en général.

I. ESPÈCES POSSIBLES D'APPAREILS DE VISION.

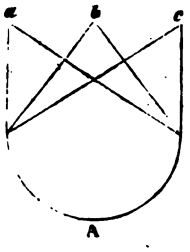
Des faits exposés dans les notions préliminaires, il résulte que la lumière et la couleur sont des sensations du nerf optique et de la rétine, et que l'obscurité devant les yeux est la sensation du repos de la rétine, de son état de non-excitation

côtés de l'œil a une certaine largeur, comme celle qui résulte du bord d'un nguleux, l'image offre une étendue correspondante. Ces images ne sont pas ent tranchées, parce que la pression sur l'œil, à travers les paupières et les anes oculaires, agit aussi jusqu'à un certain point dans le sens de la largeur. 'il était possible d'isoler parfaitement la pression et de la réduire à des points inés de la rétine, on obtiendrait aussi, sans nul doute, des images bien dé- s, par fait de cause mécanique. Le principe impondérable qui a reçu le nom nière parce que les affections lumineuses de la rétine proviennent ordinai- t de lui, quand il affecte la rétine entière d'une manière uniforme, produit la sensation d'une lumière répandue sur tout le champ visuel, et remplace champ éclairé l'obscurité tranquille qui régnait devant les yeux. Mais, si ce e bienfaisant et homogène à l'excitation de la membrane nerveuse agit sur es portions seulement de cette dernière, les parties aliquotes irritées de la représentent, dans la sensation, des images claires limitées, tandis que les non irritées demeurent obscures, comme quand on ferme les yeux. C'est n'il devient possible de voir des corps, soit que ceux-ci fournissent directe- e principe et brillent par eux-mêmes, soit que, dépourvus d'éclat propre, ecevant la lumière d'autres corps lumineux, ils la réfléchent en raison de leur é, et la rejettent ainsi dans l'œil qui la sent. La sensation de lumière naît lans un point déterminé de l'œil, et l'on croit avoir devant soi le corps, qui t cependant que réfléchir le principe excitateur de cette sensation, après reçu d'ailleurs.

s, pour que la lumière projette sur la rétine l'image des objets d'où elle part, que celle qui provient des parties déterminées des corps extérieurs, soit im- tement, soit par réflexion, ne mette non plus en action que des parties cor- ndantes de la rétine, ce qui rend nécessaires certaines conditions physiques.

la lumière jaune de *c*, de sorte que la rétine entière A verra rouge, blanc et c'est-à-dire que chacun de ces points sera stimulé à par la lumière rouge, blanche et jaune ; l'impress pourra correspondre aux points diversement colorés *a* elle sera mixte, et produite par le mélange du rou blanc et du jaune, sans que *a*, *b*, *c* puissent être dis comme points séparés. Il en sera de même si la rétine vexe en dehors, comme chez les insectes et les cru Ainsi une rétine nue, sans appareil optique séparan mière, ne verrait rien de déterminé : il lui serait seulement d'apercevoir la clarté du jour en général e distinguer des ténèbres.

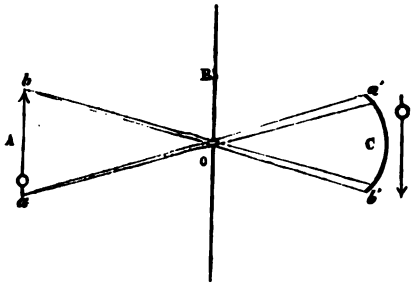
Fig. 97.



En conséquence, pour que la lumière extérieure excite dans l'œil une correspondante aux corps, il faut, de toute nécessité, la présence d'appar fassent que la lumière émanée des points *a*, *b*, *c*....*n*, agisse seulement s points de la rétine isolés, disposés suivant le même ordre, et qui s'oppose qu'un point de cette membrane soit éclairé à la fois par plusieurs poi monde extérieur. Le résultat est possible de trois manières ; mais la nat employé, dans la construction des yeux, que deux sortes d'appareils genre (1).

1° Soit A le corps lumineux, C la rétine, B un plan intermédiaire entre Ce plan est opaque, et ne permet à la lumière de passer que par un trou s *o*, de sorte qu'à l'exception de cette ouverture, la rétine se trouve complé dans l'ombre. Les rayons lumineu traversant *o*, n'apparaîtront qu'e la rétine, les rayons lumineux traversant *o*, n'apparaîtront égal qu'en *b'*, et chaque point du corps sera représenté en un point part de la rétine *a'*....*b'*. Car *a* et *b*, corps A, sont des points mathémat tandis que *a'* et *b'*, dans la rétine éc sont de petites surfaces, qui ont tant plus d'étendue et rendent l d'autant moins nette, que l'ouve du plan est plus grande. Plus l'ouverture *o* est petite, plus l'image est nette plus aussi elle est obscure, car le volume du cône de lumière que chaque *a*....*b* du corps envoie à cette ouverture est en raison inverse de so mètre (2).

Fig. 98.



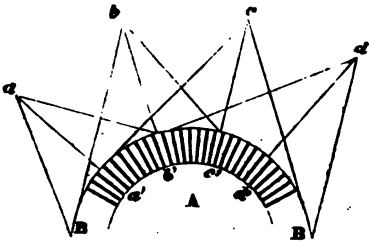
La nature n'a point fait usage de cet appareil, probablement parce que sultat eût été trop faible, et qu'il n'eût été possible d'obtenir l'intensité de mière de chaque point qu'aux dépens de la netteté.

(1) J. Mueller, *Vergleichende Physiologie des Gesichtssines*. Leipzick, 1826, p. 307

(2) *Comp.*, sur la chambre optique, Roget, *Animal and vegetable physiology*. Londres t. II, p. 454.—Kunzek, *Die Lehre vom Lichte*. Lemberg, 1836, p. 28.

Le second moyen de séparer les rayons lumineux pour produire une image
i rétine est celui sur lequel j'ai appelé l'attention dès 1826. Au-devant de la
: sont dressés perpendiculairement, les uns à côté des autres, des cônes trans-
ts, en quantité innombrable, qui ne laissent parvenir à la membrane ner-
: que la lumière dirigée suivant le sens de leur axe, et absorbent, au moyen
igments dont leurs parois sont revêtues, toute celle qui vient les frapper obli-
ient. Soit A la rétine, représentant la
ce d'un sphère, les cônes transparents
ivent se trouver dans les rayons de
sphère. La lumière partie de *a*, *b*, *c*, *d*,
ent envoyer jusqu'à la rétine que ceux
ont placés dans la direction des rayons
: sphère. Ainsi, le point A, quoiqu'il
e toute la surface de l'œil, ne projette
mage que dans le seul point *a'* de la
e; celle de *b* ne se forme non plus qu'en
lle de *c* qu'en *c'*, et celle de *d* qu'en *d'*.

Fig. 99.



ait que la netteté de l'image doit croître en raison du nombre des cônes dressés
surface de la rétine; que, quand il y a mille cônes, mille particules du champ
sont représentées dans l'image, et que, si le nombre des rayons transparents
dix mille, la netteté de l'image se trouve décuplée. Cette organisation, que la
e indiquait comme mode possible de construction d'un organe visuel, je l'ai
e réalisée dans les yeux composés de tous les insectes et crustacés. Il va sans
u'un tel organe doit avoir la forme d'une sphère ou d'un segment de sphère.
ue sa circonférence est assez déprimée pour se rapprocher d'une surface
, les cônes implantés sur elle ont moins de divergence aussi, et l'œil ne cor-
nd qu'à une petite partie du monde extérieur. Mais le champ s'accroît en
: directe de la convexité de l'œil, ou de la grandeur du segment de sphère.
présentation de l'image en plusieurs milliers de points séparés, dont chacun
pond à un petit champ du monde extérieur, ressemble à une mosaïque; une
que construite avec beaucoup d'art est la meilleure idée qu'on puisse se faire
mage que les créatures douées d'un pareil organe acquièrent des objets du
s. Ce mode de séparation des rayons lumineux a l'inconvénient que la quan-
e lumière qui vient frapper la rétine à travers un cône est fort petite; mais
ait que, chez nous-mêmes, comme on peut le remarquer aux approches de la
une quantité très faible de lumière, une partie infiniment petite de la lumière
uelle nos yeux sont exposés pendant le jour, suffit pour la vue simple, pour
qui ne tend pas à une appréciation minutieuse des détails; d'ailleurs la nature
e s'être plus attachée, dans la fabrication de notre œil, à modérer la lumière
en accroître l'intensité; la pupille la plus étroite suffit encore pour voir en
jour.

Le procédé dont la nature s'est servie, dans l'appareil précédent, pour isoler
ivers points de l'organe la lumière émanant de points différents, consiste à
re les rayons qui empêcheraient l'effet de se produire. Elle arrive au même
vec bien plus de précision encore, et surtout avec une plus grande intensité
nière, en obligeant à se réunir de nouveau, sur un même point, les rayons

Une différence fort importante entre les sens est celle qui naît de la [illegible] dont ils nous informent de la distance des corps. A proprement parler, to[illegible] diquent que ce qui a lieu immédiatement et présentement en eux. L'œil [illegible] rien des corps éclairés ; il est rencontré par les extrémités des rayons lu[illegible] qui parviennent jusqu'à lui, et il sent les points de la rétine que ces ray[illegible] fectent. L'organe auditif ne sent rien des corps vibrants, et il ne sent que le[illegible] qui lui sont communiqués à l'occasion de leurs vibrations. Mais l'imaginat[illegible] tarde pas à acquérir un empire tel, dans les actes du sens de la vue, que [illegible] nous semble agir en dehors, que les objets eux-mêmes prennent la place d[illegible] images superficielles, et que l'image d'une région qui a pour espace l'encad[illegible] d'une croisée, devient pour nous l'intuition des objets voisins et éloigné[illegible] mêmes. Dans les sens inférieurs, l'imagination n'a pas le pouvoir de change[illegible] point la sensation : nous en transportons bien aussi le contenu aux objets ; comme les objets excitent les sensations du toucher et du goût par leur co[illegible] immédiat, la réflexion nous procure sur-le-champ la conscience du plus ou [illegible] de certitude avec laquelle l'affection de nos organes permet que nous adm[illegible] telle ou telle propriété dans les corps mis en contact avec eux.

IX. *Il n'est pas dans la nature même des nerfs de placer actuellement [illegible] d'eux le contenu de leurs sensations ; l'imagination, instruite par l'expé[illegible] qui accompagne nos sensations, est la cause de ce déplacement.*

Pour connaître l'action première et spontanée des sens, indépendante de[illegible] éducation, il faudrait que nous pussions avoir un souvenir parfait de nos [illegible] mières impressions sensorielles, indépendamment de toute idée acquise par[illegible] or, cela est impossible ; car, même chez l'enfant, les premières impressio[illegible] ses sens reçoivent sont déjà accompagnées d'idées. Le seul moyen qui nous [illegible] est d'examiner les actes de la sensation et de la représentation, eu égard [illegible] contenu. En analysant l'opération de l'esprit qui a lieu pendant l'exercic[illegible] sens, nous trouvons deux oppositions : le sujet possédant la faculté de sentir [illegible] conscience de soi-même, pour lequel les états de son corps, dus à des c[illegible] internes ou externes, deviennent des objets immédiats, et le monde ext[illegible] avec lequel le corps de ce sujet entre en conflit. Pour la conscience, pour le[illegible] toute sensation, toute modification déterminée par une cause du dehors, [illegible] passion, est déjà une chose extérieure. Le moi s'expose comme sujet libre [illegible] sensations les plus violentes, aux douleurs les plus aiguës. Le membre qui [illegible] cause de la douleur peut être enlevé sans que le moi en ressente aucune atte[illegible] et celui-ci peut perdre la plupart des membres de l'organisme sans pour c[illegible] cesser d'être ce qu'il était auparavant. Mais, en se plaçant à ce point de v[illegible] de l'idéalisme, il n'y a point encore de distinction faite entre cet extérieur q[illegible] par rapport au moi, nos membres vivants représentent à la conscience, à l'â[illegible] et cet autre extérieur constitué par les corps qui entourent le nôtre. C'est d[illegible] le sens du toucher qu'on parvient le plus facilement à reconnaître comment c[illegible] distinction s'établit, et il est aussi le premier de tous qui entre en conflit [illegible] avec le monde extérieur. Si nous supposons un être humain, qui, sans ja[illegible] avoir éprouvé une seule sensation visuelle, comme l'enfant dans la matrice, [illegible] eu que de simples sensations tactiles dues à des impressions faites du dehors [illegible] son corps, la première idée vague et confuse ne pourra être que celle du

odifiable, par opposition avec quelque chose qui le modifie. La matrice, qui blige l'enfant à garder une situation déterminée, et qui provoque en lui des ensations, est à cette époque la cause immédiate de la conscience qu'il acquiert de cette opposition. Mais comment se produit celle de deux extérieurs, celui que les membres du propre corps de l'enfant constituent, eu égard à son moi, et celui du véritable monde extérieur ? Ce phénomène a lieu de deux manières. D'abord, l'enfant est maître des mouvements de ses membres, et les membres qu'il meut de sa propre volonté, il les sent comme des instruments soumis à son moi : au contraire, il n'est pas maître de la résistance que lui oppose son entourage, et cette résistance lui procure l'idée d'un extérieur absolu. En second lieu, les sensations diffèrent suivant que deux parties de son corps se touchent l'une l'autre, produisant ainsi une double sensation dans les parties mises en contact, ou suivant qu'une partie de son corps perçoit seulement la résistance du corps. Dans le premier cas, celui, par exemple, où un bras touche l'autre, la résistance est le propre corps de l'enfant lui-même, et le membre qui l'oppose n'éprouve pas moins de sensation que l'autre membre qui touche : les membres, tout à la fois, sentent et sont objets extérieurs de sensation. Dans le second cas, ce qui porte obstacle procure à la conscience la notion d'un objet extérieur qui n'appartient pas au corps vivant; le membre qui touche n'éveille pas l'idée d'une partie soumise au moi et appartenant au tout vivant. Il naîtra donc dans l'enfant la notion d'une résistance que son propre corps peut opposer à d'autres parties de son corps, et en même temps celle d'une résistance qu'un extérieur absolu peut offrir aux parties de son propre corps. Dès lors la notion d'un monde extérieur, comme cause de sensations, existe. Quoique l'être animal ne sente jamais immédiatement que sa propre personne, ses nerfs affectés, sa peau affectée, la sensation des causes extérieures devient dès lors inséparable de celle de toucher. La sensation de tout homme adulte en est à ce point. Quand nous posons la main sur une table, nous avons bien sur-le-champ la conscience, en y réfléchissant, de sentir seulement la partie de notre main qui touche la table, et non celle-ci même ; mais, si nous n'y réfléchissons pas, nous confondons tout de suite la sensation de la surface touchée de notre peau avec l'idée de la résistance, et nous prétendons hardiment que nous sentons la table elle-même, ce qui n'est pas vrai. Si nous promenons la main sur cette table, il naît en nous l'idée d'un corps plus grand que celui qui pourrait être couvert par elle. S'il faut, pour embrasser la résistance, que la main se meuve en diverses directions, nous acquérons l'idée de surfaces qui sont placées en différents sens, et par conséquent d'un corps extérieur remplissant une certaine étendue de l'espace. La sensation que nous avons des mouvements de muscles nécessaires pour cela est la cause prochaine de cette notion du corps extérieur, car la première idée d'un corps étendu ou remplissant l'espace naît de la sensation de notre propre corporalité. Notre propre corporalité est la mesure après laquelle nous jugeons, dans ce qui a rapport au toucher, de l'étendue de tous les corps qui nous opposent de la résistance. La question de savoir si l'idée de l'espace existe primordialement dans le *sensorium*, et influe sur toutes les sensations, ou si elle se produit d'une manière successive par le fait de l'expérience, peut être passée ici sous silence. Nous y reviendrons lorsque nous traiterons des fonctions de l'âme. Ce qu'il y a de certain, c'est que, si l'idée de l'espace n'existe

pas primitivement dans le *sensorium*, de manière à n'être qu'éveillée et appliqu quand nous sentons, elle doit naître expérimentalement dès les premiers momen que le sens du toucher entre en exercice.

L'idée vague d'un corps sentant, opposé au monde extérieur et remplissa lui-même l'espace, et celle de l'étendue des choses extérieures dans ce même e pace, existent déjà, ont même acquis un certain degré de lucidité, avant que l sens de la vue entre en action, au moment de la naissance. Elles rendent promp tement intelligibles les sensations du sens de la vue, auxquelles l'individu ne tard pas à faire l'application des notions qu'il a déjà acquises.

Il est extrêmement difficile, sinon même totalement impossible, de se figure avec quelque vraisemblance comment l'enfant juge les premières impressio qu'il reçoit sur sa rétine, et de décider s'il considère l'image formée dans l'œ comme une partie de son corps ou comme une chose hors de lui. Dans tous le cas, il ne peut y avoir croyance à l'identité du moi avec l'image formée; car de même que la douleur et tout ce qui est senti, elle constitue un objet opposé ce moi, au sujet. Mais c'est une autre question de savoir si elle est réputée parti intégrante du corps vivant, ou chose située hors du corps, à distance de lui. On souvent prétendu qu'il est dans la nature du sens de la vue que le sujet ne se re présente pas la sensation dans l'endroit où elle a lieu, comme il le fait par le sen du toucher, que la rétine ne se perçoit pas elle-même à l'état de sensation, et qu celle-ci est rapportée, non pas au lieu même de la rétine, mais loin de là, à l'en droit où se trouve un objet. Cependant on ne saurait donner la preuve de ces as sertions; car l'obscurité devant les yeux fermés, qui est la sensation du repos et de l'état non excité de la rétine, n'est sentie non plus qu'au-devant des yeux, par conséquent au lieu où se trouve l'organe sensible, et elle ne l'est jamais ni der rière nous, ni sur les côté, ni à distance. Mais ce champ visuel obscur des yeux fermés est précisément la table rase sur laquelle tous les contours des for mes visibles se dessinent ensuite comme affections de parties déterminées de la rétine.

Si les idées des objets extérieurs, comme causes de la sensation au moyen du sens de la vue, n'étaient pas déjà nées, le premier exercice de la vue devrait être suivi du même acte que nous avons vu succéder au premier exercice du toucher. Les affections de la rétine apparaîtraient au moi comme objet opposé à lui, mais d'une manière vague, et sans qu'on sût si elles ont lieu hors du corps vivant ou en lui. Mais l'enfant vient au monde avec une idée confuse, et de son propre corps, et des choses extérieures, avec l'idée de la réalité de ces dernières comme causes de sensations. Il confond déjà la sensation et l'idée de l'objet de la sensation. Voici ce qui doit se passer ensuite, autant du moins qu'il est permis de le conjecturer.

Les images des objets sont réalisées en surface dans la rétine, qui n'a elle-même d'étendue qu'en surface. Elles ne procureront donc que l'idée d'une surface, sans en faire naître aucune de proximité, d'éloignement, ni de corporalité. Quelque promptement que l'enfant les établisse hors de lui, ce sont pour lui des surfaces placées à une certaine distance, et il cherche à saisir les plus éloignées comme les plus rapprochées: il veut prendre la lune. L'aveugle-né à qui Cheselden rendit la vue par l'opération voyait toutes les images comme si elles eussent été étendues sur

e surface, quoique le sens du toucher eût développé en lui des idées très nettes monde corporel : il lui semblait que les objets pénétrassent en lui.

La distinction entre les images du monde extérieur et celle du propre corps, se représente avec le monde extérieur dans le cadre du champ visuel, aura de la manière suivante. Une partie de notre corps projette une image dans re œil, comme le ferait un objet du dehors. Cette partie de notre corps visible ous-mêmes avec les objets extérieurs est plus ou moins grande selon sa situa- : elle peut être une portion considérable ou faible du tronc ou des membres ; nt à notre tête, l'image projetée sur notre rétine n'en contient qu'une très pe- partie, savoir, la surface et le bout du nez, les sourcils et les lèvres. Cette ge de notre corps occupe régulièrement, dans presque toutes les impressions elles, une place déterminée à la partie supérieure, moyenne, inférieure, du mp visuel : elle demeure constante, tandis que les autres images varient conti- ellement.

Ainsi, l'enfant distingue bientôt l'image de son propre corps, qui est constante, celles qui se déplacent suivant les mouvements du corps et des yeux. Les mou- ments de cette image de son corps ne tardent pas à lui procurer plus sûrement core l'idée de son propre corps, par opposition aux corps absolument extérieurs ; r, à ces mouvements qu'il voit dans l'image de la rétine correspondent des ouvements réels et intentionnels du corps lui-même. Les sensations tactiles qu'il le son corps se combinent avec les sensations visuelles qu'il en acquiert. Lors- l'il touche une partie de son corps avec sa main, il voit, dans l'image de la ré- ne, cet acte accompli aussi par le corps, puisque l'image de la main y touche nage du corps. De cette manière les idées deviennent tellement arrêtées, pour sensations visuelles, que nous ne nous contentons pas de placer hors de nous nage, qui ne consiste essentiellement qu'en un assemblage d'affections de par- s aliquotes de notre rétine, mais que nous confondons complétement ce que us sentons avec les objets, malgré les différences de grandeurs.

Il y a plus encore : le champ visuel, qui n'est qu'une surface, ne tarde même à devenir, dans la représentation, un espace étendu en toutes directions ; r, à chaque mouvement de notre corps, à chaque pas fait en avant, les formes images changent, ce qui était éloigné se rapproche de nous, et ce qui était oche de nous présente d'autres côtés. Ce déplacement des images dans l'organe uel, pendant la locomotion de notre corps, doit produire le même effet que nous marchions entre elles ; car l'image de notre propre corps se rencontre, ndant le mouvement, avec des images d'objets extérieurs qui changent à chaque tant, et la locomotion est la cause de ces déplacements.

Concluons de tout ce qui précède que la faculté de rapporter au dehors ce dont ous avons la sensation est un résultat du concours de l'imagination et des nerfs, t non l'effet du sens seul, qui, livré à lui-même, ne sentirait autre chose que ses fections.

X. *Non seulement l'âme reçoit le contenu des sensations acquises par les sens, les interprète de manière à produire des représentations et des idées, mais en- re elle a de l'influence sur ce contenu, en donnant plus de précision et de netteté la sensation. Cette intention peut s'isoler, pour les sens qui distinguent l'éten- ue, aux diverses parties de l'organe sensible, et pour ceux qui distinguent le*

temps, aux divers actes de la sensation. Elle peut aussi faire acquérir à u la prépondérance sur les autres.

L'attention ne saurait se consacrer à un grand nombre d'impressions à la Si plusieurs ont lieu en même temps, leur netteté diminue en raison de leur tiplicité, ou l'âme n'en perçoit qu'une bien distinctement, et n'a qu'une s confuse des autres, ou elle n'en est point du tout informée. Si l'attention e tournée des nerfs sensoriels, et que l'âme soit plongée dans la méditation o sorbée par des passions profondes, les sensations des nerfs demeurent complét indifférentes au moi, qui ne s'en aperçoit pas, c'est-à-dire qui n'en a pas l science, ou du moins en a une si faible, que l'âme ne peut point s'y arr cause de la prédominance d'une idée fixe, ou qu'elle ne s'en souvient qu'a d'un certain laps de temps, quand l'équilibre est rétabli, quand l'idée qui l pait a en quelque sorte abandonné le plateau de la balance. On conçoit ais d'après cela, le degré de perfection que certains sens peuvent acquérir, l d'autres demeurent dans une inaction absolue : l'attention, alors, ne se plus partagée en plusieurs sens, et elle se consacre tout entière à l'anal sensations de celui qui l'occupe. Le toucher est tellement perfectionné c aveugles, qu'ils distinguent sans peine de très petites aspérités, par exem reliefs d'une pièce de monnaie, et qu'ils parviennent quelquefois à disting corps ou le grain d'une couleur de celui d'une autre.

Mais l'intention analyse aussi les détails d'une sensation. Comme l'âme n' capable de consacrer la même attention à toutes les parties d'un point de la peau, la sensation de ces parties ne devient nette que d'une manière s sive, par le transport de l'attention d'une portion des fibres nerveuses à d' L'intention peut faire qu'une faible sensation de prurit dans un point de l du visage acquière un degré extraordinaire d'intensité fatigante et de durée, qu'elle se dissipe d'elle-même lorsqu'on parvient à l'oublier. La même c lieu pour l'organe de la vue. Si l'on voulait consacrer son attention à l'é entière du champ d'une sensation visuelle, on ne verrait rien d'une manière L'intention se porte tantôt sur un point, tantôt sur un autre ; elle passe su vement en revue les détails de la sensation, et ce sur quoi elle s'appesa toujours mieux vu que le reste de la même sensation. Il ne faut pas entend lement par là que le milieu de la rétine, où la sensation a le plus de vivac tourne successivement vers diverses parties de l'objet, de manière que l soit vu d'une manière indistincte ; car, sans que l'axe visuel change, l'in peut aussi se consacrer à la partie de la sensation visuelle qui est située côté. Lorsque nous considérons une figure mathématique complexe, nou vons, l'axe visuel restant le même, voir successivement mieux les divers él dont elle se compose, et ne pas faire attention au reste de la figure. Un traversé par des lignes nous cause une tout autre impression, suivant qu devenons attentifs à telle ou telle partie de l'ensemble ; nous pouvons nou per exclusivement d'un triangle, puis, au bout de quelques instants, notre attention sur une autre figure qui le traverse, et dont, tant que nou livrés à le contempler, nous n'apercevions pas les linéaments, bien qu'il tassent déjà. Les décorations de l'architecture, les rosaces, les arabesqu dans le même cas, et le charme de ces figures tient en grande partie à la pa

laquelle elles forcent notre attention à se promener, pour ainsi dire, sur les
s, ce qui semble leur donner pour nous une sorte d'animation. Il est vrai
i général les deux yeux, quand ils jouissent de la même portée, voient si-
ténément; mais l'intention peut rendre prédominante l'impression reçue par
deux, comme je le prouverai empiriquement par la suite; on n'a pas de
à démontrer, d'une manière péremptoire, que, quand nous regardons de
eux yeux, une sorte de rivalité s'établit entre eux, à notre insu, même dans
conditions les plus ordinaires de la vue, et que l'impression est toute différente
s la rupture de l'équilibre. Je citerai, par exemple, l'expérience dans laquelle
regarde une feuille de papier blanc avec les deux yeux armés de verres d'une
leur diverse; les impressions du bleu et du jaune se mêlent difficilement en-
able; c'est tantôt le bleu et tantôt le jaune qui prédomine; dans certains mo-
nts, on aperçoit des taches nuageuses bleues sur un fond jaune, ou des taches
unes, de grandeur variable, sur un fond bleu; dans d'autres, l'une des cou-
urs règne seule et absorbe entièrement l'autre. L'apparition par taches d'une des
uleurs sur l'autre prouve même que l'intention peut se partager entre une partie
la rétine d'un œil et certaines parties de la rétine de l'autre.

Dans le sens de l'ouïe, qui ne distingue pas l'étendue comme ceux de la vue et
du tact, mais qui a une sensibilité si délicate pour les divisions du temps, les effets
de l'intention sont différents. L'organe auditif distingue localement tout au plus
que c'est l'une ou l'autre oreille qui entend, ou qui entend mieux, et alors il se
peut très bien sans doute que, quand les deux oreilles sont frappées de sons diffé-
rents, l'attention se consacre davantage à l'une ou à l'autre impression. Mais ce
qu'il y a d'admirable, c'est l'effet de l'intention relativement à la distinction des
sons faibles: d'ordinaire, les faibles sons accessoires ou harmoniques des cordes
et autres instruments de musique passent inaperçus: or, l'intention peut en ren-
dre la sensation assez prononcée pour qu'elle nous frappe, et elle jouit de la
même puissance à l'égard des moindres bruits. Une aptitude plus surprenante en-
core est celle de pouvoir, parmi les nombreux sons simultanés que fait entendre
l'orchestre, suivre à volonté ceux de tel ou tel instrument, qui, bien que plus
bles que les autres, diminuent alors l'impression de ces derniers sur notre
ane.

vant de terminer cette introduction, j'ai encore à examiner la question de
si le nombre des sens est limité, et s'il ne peut pas y en avoir, chez certains
aux, d'autres que ceux qui appartiennent à notre espèce. On connaît l'illusion
laquelle Spallanzani est tombé en attribuant un sens particulier aux chauves-
s, parce qu'il les voyait, après la perte de leurs yeux, voler encore avec assez
esse pour éviter de se heurter contre les murailles. On sait aussi que certains
rs ont accordé un sens spécial aux animaux pour expliquer l'espèce de pres-
ment qu'ils ont des changements de temps. Comme l'état de la pression atmos-
ique, la quantité de vapeur aqueuse dans l'air, la température, l'électricité,
cent une action considérable sur l'économie animale entière de notre corps,
onçoit très bien la possibilité d'une telle influence de leur part, et même d'une
s prononcée encore, sur certains animaux: mais, dans quelque dépendance
un être vivant puisse être placé des variations du temps, il n'y a point pour cela,
ant à la sensation, de nouveau sens chez lui. La constitution atmosphé-

rique peut être sentie par les états du système nerveux entier, et surto
les sensations des nerfs qui sont les plus nombreux, qui sont le plus exposés
influence, les nerfs tactiles. Un sens spécial pour l'électricité n'est point adm
a priori; car l'électricité agit sur tous les sens, dont elle excite les énergie
tieulières. L'essentiel d'un nouveau sens ne tient pas à ce qu'il procure l
ception d'objets extérieurs qui n'agissent point ordinairement sur les sens,
à ce que les causes extérieures provoquent un mode spécial de sentir qui
trouve pas encore contenu dans les sensations de nos cinq sens. Un mode
culier de sentir dépendrait des forces du système nerveux. Sans doute on n
rait affirmer *a priori* qu'il n'existe rien de semblable chez aucun animal;
nul fait connu ne nous autorise à penser le contraire, et d'ailleurs il est absol
impossible de rien apprendre touchant la nature d'une sensation sur d'autre
sur soi-même.

On a voulu considérer comme une sorte de sens à part les sensations in
au moyen desquelles nous sommes informés des états de notre corps, l'esp
sensibilité générale ou collective qui a reçu le nom de *cœnesthesis*. Cette di
tion est vicieuse ; car les sensations que la sensibilité générale nous procur
du même genre que celles de la peau, seulement plus vagues et plus confuse
certains organes. Peu importe pour le sens qu'il soit exercé du dehors ou d
dans, et il n'y a pas de sens dans lequel nous distinguions les sensations obje
et les sensations subjectives comme deux choses essentiellement différentes
dé l'autre. A la vérité, le mot de toucher n'exprime qu'un rapport particuli
sens tactile, son rapport avec le monde extérieur; mais le toucher n'amèn
perception que les énergies de ce sens, auxquelles servent partout les mêmes
à racines doubles, les nerfs cérébraux et rachidiens mixtes. Lorsqu'on ve
gnaler la mise en action de ce sens par la volonté, on dit palper, au lieu de tou
tout comme, pour rendre la même idée à l'égard des autres sens, on rempla
mots de voir, entendre, goûter et odorer, par ceux de regarder, écouter, sav
et flairer (dépister).

SECTION I.

DU SENS DE LA VUE.

CHAPITRE PREMIER.

Des conditions physiques des images en général.

I. ESPÈCES POSSIBLES D'APPAREILS DE VISION.

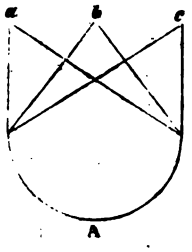
Des faits exposés dans les notions préliminaires, il résulte que la lumièr
couleur sont des sensations du nerf optique et de la rétine, et que l'obscurit
vant les yeux est la sensation du repos de la rétine, de son état de non-excit

Les sensations de la lumière et des couleurs naissent de l'obscurité de la rétine tranquille, toutes les fois que des parties aliquotes de cette membrane sont excitées par un stimulus quelconque, interne (sang, etc.), ou externe (pression, électricité, etc.). La sensation de lumière change de place sur le champ visuel obscur, suivant le point irrité de la rétine. L'image produite par la pression d'un côté de l'œil fermé a son emplacement déterminé ; celle à laquelle donne lieu la pression de l'autre côté a aussi le sien, à l'opposite du précédent ; celles qui dépendent de la compression des parties supérieure et inférieure de la rétine sont également opposées. Lorsque le corps comprimant est petit, par exemple une pointe mousse, et que par conséquent la pression n'a intéressé qu'une étendue peu considérable de la rétine, l'image lumineuse est petite aussi. Si, au contraire, la pression exercée sur les côtés de l'œil a une certaine largeur, comme celle qui résulte du bord d'un corps anguleux, l'image offre une étendue correspondante. Ces images ne sont pas nettement tranchées, parce que la pression sur l'œil, à travers les paupières et les membranes oculaires, agit aussi jusqu'à un certain point dans le sens de la largeur. Mais, s'il était possible d'isoler parfaitement la pression et de la réduire à des points déterminés de la rétine, on obtiendrait aussi, sans nul doute, des images bien délimitées, par fait de cause mécanique. Le principe impondérable qui a reçu le nom de lumière parce que les affections lumineuses de la rétine proviennent ordinairement de lui, quand il affecte la rétine entière d'une manière uniforme, produit en elle la sensation d'une lumière répandue sur tout le champ visuel, et remplace par un champ éclairé l'obscurité tranquille qui régnait devant les yeux. Mais, si ce principe bienfaisant et homogène à l'excitation de la membrane nerveuse agit sur quelques portions seulement de cette dernière, les parties aliquotes irritées de la rétine représentent, dans la sensation, des images claires limitées, tandis que les parties non irritées demeurent obscures, comme quand on ferme les yeux. C'est ainsi qu'il devient possible de voir des corps, soit que ceux-ci fournissent directement ce principe et brillent par eux-mêmes, soit que, dépourvus d'éclat propre, mais recevant la lumière d'autres corps lumineux, ils la réfléchent en raison de leur opacité, et la rejettent ainsi dans l'œil qui la sent. La sensation de lumière naît alors dans un point déterminé de l'œil, et l'on croit avoir devant soi le corps, qui ne fait cependant que réfléchir le principe excitateur de cette sensation, après l'avoir reçu d'ailleurs.

Mais, pour que la lumière projette sur la rétine l'image des objets d'où elle part, il faut que celle qui provient des parties déterminées des corps extérieurs, soit immédiatement, soit par réflexion, ne mette non plus en action que des parties correspondantes de la rétine, ce qui rend nécessaires certaines conditions physiques. La lumière qui émane d'un corps lumineux se répand en rayonnant dans toutes les directions où elle ne rencontre pas des obstacles à son passage : un point lumineux éclairera donc une surface tout entière, et non un point unique de cette surface. Si la surface qui reçoit la lumière irradiante d'un point est la surface nue de la rétine, la lumière de ce point fait naître la sensation de lumière dans la totalité et non dans une partie seulement de la membrane nerveuse, et il en est de même pour tous les autres points lumineux qui peuvent illuminer, en rayonnant, la rétine. Supposons que A soit la surface concave de la rétine ; la lumière rouge de *a* éclairera toute cette membrane ; la lumière incolore de *b* fera de même, ainsi que

la lumière jaune de *c*, de sorte que la rétine entière A verra rouge, b
c'est-à-dire que chacun de ces points sera sti
par la lumière rouge, blanche et jaune; l'i
pourra correspondre aux points diversement co
elle sera mixte, et produite par le mélange
blanc et du jaune, sans que *a*, *b*, *c* puissent ê
comme points séparés. Il en sera de même si la
vexe en dehors, comme chez les insectes et
Ainsi une rétine nue, sans appareil optique s
mière, ne verrait rien de déterminé : il lui
seulement d'apercevoir la clarté du jour en gén
distinguer des ténèbres.

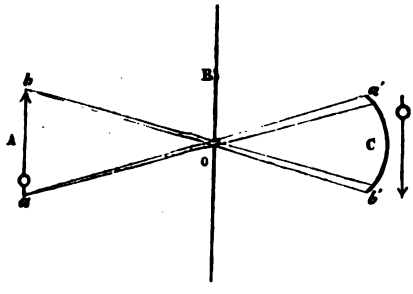
Fig. 97.



En conséquence, pour que la lumière extérieure excite dans l'
correspondante aux corps, il faut, de toute nécessité, la présence d
fassent que la lumière émanée des points *a*, *b*, *c*....*n*, agisse seule
points de la rétine isolés, disposés suivant le même ordre, et qui s'
qu'un point de cette membrane soit éclairé à la fois par plusieu
monde extérieur. Le résultat est possible de trois manières; mais
employé, dans la construction des yeux, que deux sortes d'ap
genre (1).

1° Soit A le corps lumineux, C la rétine, B un plan intermédiaire
Ce plan est opaque, et ne permet à la lumière de passer que par un
o, de sorte qu'à l'exception de cette ouverture, la rétine se trouve c
dans l'ombre. Les rayons lu
traversant *o*, n'apparaîtron
la rétine, les rayons lum
traversant *o*, n'apparaîtro
qu'en *b'*, et chaque point d
sera représenté en un poi
de la rétine *a'*....*b'*. Car *a*
corps A, sont des points ma
tandis que *a'* et *b'*, dans la ré
sont de petites surfaces,
tant plus d'étendue et re
d'autant moins nette, que
du plan est plus grande. Plus l'ouverture *o* est petite, plus l'image es
plus aussi elle est obscure, car le volume du cône de lumière que
a....*b* du corps envoie à cette ouverture est en raison inverse
mètre (2).

Fig. 98.

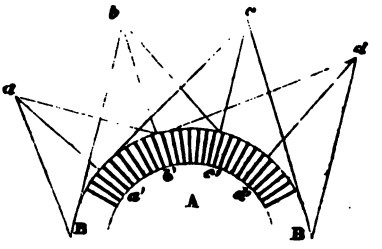


La nature n'a point fait usage de cet appareil, probablement par
sultat eût été trop faible, et qu'il n'eût été possible d'obtenir l'inten
mière de chaque point qu'aux dépens de la netteté.

(1) J. Mueller, *Vergleichende Physiologie des Gesichtssines*. Leipzick, 1826,
(2) *Comp.*, sur la chambre optique, Roget, *Animal and vegetable physiology*. t. II, p. 451.—Kunkel, *Die Lehre vom Lichte*. Lemberg, 1836, p. 28.

2° Le second moyen de séparer les rayons lumineux pour produire une image : la rétine est celui sur lequel j'ai appelé l'attention dès 1826. Au-devant de la rétine sont dressés perpendiculairement, les uns à côté des autres, des cônes transparents, en quantité innombrable, qui ne laissent parvenir à la membrane nerveuse que la lumière dirigée suivant le sens de leur axe, et absorbent, au moyen des pigments dont leurs parois sont revêtues, toute celle qui vient les frapper obliquement. Soit A la rétine, représentant la surface d'un sphère, les cônes transparents B doivent se trouver dans les rayons de cette sphère. La lumière partie de a, b, c, d, ne peut envoyer jusqu'à la rétine que ceux qui sont placés dans la direction des rayons de la sphère. Ainsi, le point A, quoiqu'il éclaire toute la surface de l'œil, ne projette son image que dans le seul point a' de la rétine; celle de b ne se forme non plus qu'en b', celle de c qu'en c', et celle de d qu'en d'.

Fig. 99.

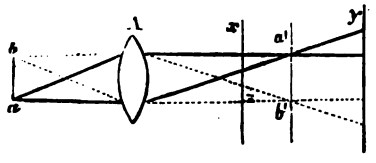


On voit que la netteté de l'image doit croître en raison du nombre des cônes dressés sur la surface de la rétine; que, quand il y a mille cônes, mille particules du champ visuel sont représentées dans l'image, et que, si le nombre des rayons transparents est de dix mille, la netteté de l'image se trouve décuplée. Cette organisation, que la théorie indiquait comme mode possible de construction d'un organe visuel, je l'ai trouvée réalisée dans les yeux composés de tous les insectes et crustacés. Il va sans dire qu'un tel organe doit avoir la forme d'une sphère ou d'un segment de sphère. Lorsque sa circonférence est assez déprimée pour se rapprocher d'une surface plane, les cônes implantés sur elle ont moins de divergence aussi, et l'œil ne correspond qu'à une petite partie du monde extérieur. Mais le champ s'accroît en raison directe de la convexité de l'œil, ou de la grandeur du segment de sphère. La représentation de l'image en plusieurs milliers de points séparés, dont chacun correspond à un petit champ du monde extérieur, ressemble à une mosaïque; une mosaïque construite avec beaucoup d'art est la meilleure idée qu'on puisse se faire de l'image que les créatures douées d'un pareil organe acquièrent des objets du dehors. Ce mode de séparation des rayons lumineux a l'inconvénient que la quantité de lumière qui vient frapper la rétine à travers un cône est fort petite; mais il paraît que, chez nous-mêmes, comme on peut le remarquer aux approches de la nuit, une quantité très faible de lumière, une partie infiniment petite de la lumière à laquelle nos yeux sont exposés pendant le jour, suffit pour la vue simple, pour celle qui ne tend pas à une appréciation minutieuse des détails; d'ailleurs la nature semble s'être plus attachée, dans la fabrication de notre œil, à modérer la lumière qu'à en accroître l'intensité; la pupille la plus étroite suffit encore pour voir en plein jour.

3° Le procédé dont la nature s'est servie, dans l'appareil précédent, pour isoler sur divers points de l'organe la lumière émanant de points différents, consiste à exclure les rayons qui empêcheraient l'effet de se produire. Elle arrive au même but, avec bien plus de précision encore, et surtout avec une plus grande intensité de lumière, en obligeant à se réunir de nouveau, sur un même point, les rayons

divergents qui émanent d'un autre point. Mais il faut alors que l'organe trouve précisément à l'endroit où les rayons aboutissent de nouveau à foyer, c'est-à-dire au sommet du cône lumineux. Cette condition, qui n' nécessaire dans le cas précédent, est ici de rigueur absolue. Suppos

Fig. 100.



corps transparent A ait le pouvoi en un point a' la lumière qui é et l'éclaire tout entier, qu'il p lement réunir en b' les rayons p qu'il ait enfin la faculté de r chacun des points compris entr les rayons émanés de tous ceu intermédiaires entre a et b, t aussi parfaite que possible de ab sera représentée en $a'b'$, et elle sera dernier lieu si la rétine s'y trouve. Mais l'image sera imparfaite si la nerveuse est placée en avant ou en arrière de $a'b'$, par exemple en x ou dans ce cas, a, b et tous les points intermédiaires entre a et b projetter rétine, non plus un point qui leur corresponde, mais une surface, et la toutes les surfaces se confondra en une image diffuse.

Les corps qui ont le pouvoir de réunir ainsi la lumière sont les milieu rents et réfringents. La forme la plus parfaite et la plus appropriée à l'orga qu'ils puissent avoir, est celle d'une lentille, comme je ne tarderai p montrer.

C'est ici le lieu de réfuter quelques fausses opinions qu'a fait surgir l' des conditions physiques nécessaires à la vision. On s'imagine assez sou y a des animaux qui ont la sensation de la lumière par la peau. Nul dou ment, que certains animaux inférieurs, qui réagissent contre l'influenc mière, soient dépourvus d'yeux. Rapp (1) a observé qu'un polype ap *tillum Cynomorium* est très sensible à la lumière, qu'il se contracte dès à en être frappé, et qu'il affectionne les endroits obscurs. Quant aux h expériences de Trembley, de Backer, de Hanow, de Roesel, de Sch Ch. Bonnet, de Goeze, n'ont point donné de résultat précis. Ingenhousz assurent que la matière verte de Priestley s'accumule dans les lieux écla très possible que la matière verte qui s'amasse ainsi dans les endroits f la lumière consiste en un assemblage d'infusoires vivants; car beauco animalcules ont une teinte verte, et plusieurs même sont munis d'yeux l'a constaté Ehrenberg; mais ce qu'on nomme ordinairement matièr Priestley n'est souvent qu'un amas de corps morts d'infusoires verts, tels *glena viridis* et autres.

Quant à la réaction des animaux inférieurs privés d'yeux contre la lu Cun fait n'établit qu'en agissant sur la peau ou la surface entière du c êtres, le principe de la lumière ou les ondulations de ce principe produ lement la sensation de la lumière, et non une tout autre sensation. Notre fait sentir aussi quelque chose de ce principe, savoir, la chaleur, mais el la fait jamais sentir comme lumière, et, si nous voulons nous en tenir

(1) *Nov. act. nat. cur.*, t. XIV, p. II.

il n'y a que le nerf optique qui soit capable de nous procurer cette sensation. Il est possible que, chez les animaux inférieurs privés d'yeux, les réactions contre la lumière soient du même genre que celles de notre peau. Les végétaux eux-mêmes réagissent avec assez de force contre elle, puisqu'ils la recherchent dans leurs expansions, et que leurs nouvelles pousses vont à sa rencontre.

La nécessité de nerfs particuliers, et doués d'une sensibilité spéciale, pour procurer la sensation de la lumière, est prouvée aussi par l'existence réelle d'yeux chez un grand nombre d'animaux des classes les plus inférieures. Beaucoup d'annélides, tels que plusieurs néréides, diverses espèces d'*Eunice*, de *Phyllodoce*, de *Spio*, de *Naïs*, presque toutes les hirudinées, l'*Aphrodite heptacera*, ont des points oculaires de couleur foncée à la tête. Un genre voisin des sabelles, et qui a été observé par Ehrenberg, Henle et moi, présente deux de ces points obscurs à l'extrémité postérieure et à l'extrémité antérieure du corps : il rampe aussi bien en avant qu'en arrière. E.-H. Weber a fait voir que la sangsue médicinale a dix yeux ponctiformes à la tête, et qu'on les distingue parfaitement bien chez l'embryon de cet animal, dont le corps est encore parfaitement transparent. Les planaires portent, à la tête, des taches oculaires remarquables par leur pigment, Nitzsch, Dutrochet (1), Gruithuisen, Ehrenberg, ont également aperçu des points oculaires chez plusieurs cercaires et rotifères. Ehrenberg a constaté l'existence de ces points ou pigments chez un grand nombre d'infusoires, et chez les astéries, à l'extrémité de leurs rayons, qu'elles relèvent en nageant ; il regarde comme très probable que les organes pigmentaires placés au bord du disque des méduses ont la même signification (2). J'ai suivi les nerfs optiques dans ces points oculaires, chez les annélides (3), et Ehrenberg a montré que les nerfs des rayons des étoiles de mer s'étendent jusqu'aux yeux ponctiformes à l'extrémité des rayons.

Gruithuisen admet (4) que tout point de la peau qui a une teinte plus foncée participe jusqu'à un certain degré de la nature d'un organe visuel, parce qu'il absorbe plus de lumière. C'est une opinion évidemment inexacte ; car la première de toutes les conditions pour voir est que le nerf possède une sensibilité spécifique, et que celui qui sert à la vision ne soit point un nerf tactile.

D'ailleurs la structure des yeux chez les vers prouve qu'il faut un nerf et un organe particuliers, même pour distinguer simplement le jour de la nuit ; car, d'après mes recherches sur la structure de ces organes dans les animaux de la classe des annélides, il est bien constant qu'ils ne renferment aucun appareil optique pour la séparation de la lumière, et qu'en conséquence ils ne sauraient rien distinguer de précis. Au dedans de la choroïde en forme de godet de l'espèce de *Nereis* que j'ai examinée, il n'y a ni cristallin, ni aucune trace des organes isolateurs dont les insectes sont pourvus. Le corps embrassé par cette membrane n'est que le bulbe du nerf optique. Ainsi, même lorsqu'il ne s'agit que de distinguer le jour de la nuit, la nature a créé des organes pour cela ; telle paraît être la destination des points oculaires des planaires, des astéries, des rotifères et des infusoires.

(1) *Mém. pour servir à l'hist. anat. et physiol. des végétaux et des animaux*. Paris, 1837. t. II, p. 385.

(2) Meckel's *Archiv*, 1834.

(3) *Annales des sciences naturelles*, t. XX, p. 19.

(4) *Isis*, 1820, p. 254.

Une seconde remarque critique, que je dois faire ici, concerne l'opinion également fondée sur l'ignorance des conditions physiques de la vision, que la faculté de voir à l'aide de la peau serait possible, même chez l'homme, par une exaltation ou par un changement, un déplacement de la sensation.

On sait qu'il ne nous est pas donné de connaître les couleurs avec les doigts, quoique nous puissions parvenir à distinguer, au moyen du toucher, le corps ou le grain de quelques matières colorantes étalées en couches épaisses, parce qu'elles offrent des inégalités et qu'elles contractent de l'adhérence avec les parties qui y touchent. La nécessité d'appareils optiques, soit en mosaïque, soit collecteurs, pour la formation d'une image sur une membrane sensible, réfute suffisamment la prétendue vision par le creux de l'estomac ou par le bout des doigts dans l'état qu'on appelle magnétisme animal. Quand bien même la peau de la région épigastrique et des doigts aurait la faculté de sentir la lumière, ce qu'elle n'a pas, il n'y aurait cependant point encore pour elle possibilité de voir, puisqu'il n'existerait aucun appareil capable de reporter la lumière venant des différents points a, b, c, d....n d'un objet aux points a, b, c, d....n de la surface sentante. Or, sans de tels appareils, le creux de l'estomac et les doigts, fussent-ils même aptes à sentir la lumière, ne pourraient que distinguer le jour de la nuit. Mais, comme ces parties n'ont point la capacité de sentir la lumière, et comme il n'y a pas de sensation qui puisse se déplacer, un individu plongé dans ce qu'on appelle l'état magnétique ne saurait, dans aucun cas, distinguer, même vaguement, le jour de la nuit, à l'aide de ses doigts ou de sa région épigastrique, et, s'il y parvient, ce n'est qu'au moyen de ses yeux, auquel il est si difficile, même en les bandant, d'enlever la faculté de voir le jour, qui peuvent même très bien apercevoir les objets au-dessous du bandeau, comme ont dû s'en convaincre tous ceux qui se sont amusés au jeu de colin-maillard. Qu'on se couche horizontalement, comme le sont les individus plongés dans le prétendu sommeil magnétique, et un bandeau placé sur les yeux n'empêchera pas qu'on voie par-dessous l'étendue tout entière d'une chambre. Quel est le médecin instruit qui pourrait ajouter foi à de pareils contes ? Du point de vue scientifique, on conçoit qu'une personne qui dort ait des visions semblables à celles qu'on éprouve quelquefois, les yeux fermés, avant de s'endormir ; car les nerfs optiques peuvent être sollicités à sentir par une cause interne, tout aussi bien que par des causes extérieures. Tant que les magnétisés n'accusent rien autre chose que les symptômes nerveux ordinaires qui s'observent dans d'autres maladies nerveuses, tout est croyable ; mais, dès qu'ils se donnent pour voir avec les yeux bandés, ou avec les doigts, ou avec l'estomac, pour distinguer ce qui se passe dans la maison voisine, ou pour faire des prophéties, de pareilles jongleries ne méritent aucun égard, et, au lieu d'admirer niaisement, il faut crier tout haut au mensonge, à la déception.

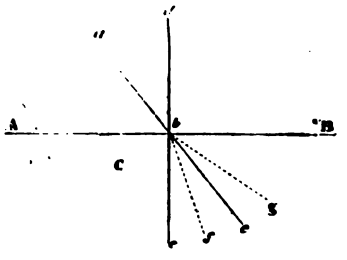
II. CONDITIONS PHYSIQUES DE LA PRODUCTION DES IMAGES PAR DES MILIEUX RÉFRINGENTS.

L'importance de la théorie de la réfraction de la lumière pour celle de la vision chez l'homme et les animaux, dont les organes visuels sont fondés sur l'emploi que la nature y a fait des moyens réfringents, m'impose l'obligation de rappeler ici les principaux points de cette doctrine, pour l'exposition complète de laquelle je ren-

voie d'ailleurs aux écrits de Porterfield (1), de Priestley, de Fischer, de Biot, de Kunzek et de Brandes.

Lorsque des rayons lumineux passent d'un espace vide dans un corps transparent, ou d'un milieu moins dense dans un autre qui l'est davantage, s'ils tombent perpendiculairement sur la surface du second milieu, ils continuent de cheminer en ligne droite; mais, si leur incidence est oblique, ils changent de direction, et, tout en continuant de suivre le prolongement du plan d'incidence, ils se rapprochent de la perpendiculaire. Ainsi AB étant le plan d'incidence du milieu plus dense *c*, le rayon *ab*, au lieu de suivre la direction *bc*, se rapprochera de la perpendiculaire *de*, et marchera dans la nouvelle direction *bf*.

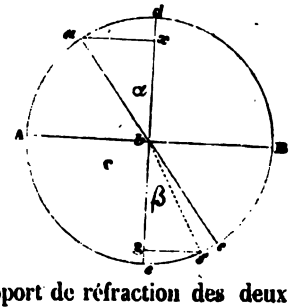
Fig. 101.



Si, au contraire, le rayon passe obliquement d'un corps transparent dans un espace vide, ou d'un milieu plus dense dans un autre qui le soit moins, il s'écarte de la perpendiculaire, et, au lieu de la direction *bc*, il suit celle *bg*.

Le rayon incident, le rayon réfracté et le fil à plomb se trouvent d'ailleurs dans le même plan. Si nous appelons *angle d'incidence* l'angle compris entre le rayon incident *ab* et la perpendiculaire *db*, et *angle de réfraction* celui qui est compris entre le rayon réfracté *bf* et la perpendiculaire *be*, *as* est le sinus du premier, et *fg* celui du second. L'expérience a appris que, quand les deux milieux restent les mêmes, le sinus de l'angle d'incidence *a* est au sinus de l'angle de réfraction β, dans un rapport constant, quelque grande ou petite que soit l'inclinaison du rayon incident à l'égard du milieu réfringent. Le rapport de réfraction des deux milieux est donc exprimé par $\frac{\sin a}{\sin \beta}$. Ce ne sont pas les angles, mais seulement les sinus des angles qui ont entre eux ce rapport constant sous toutes les incidences possibles pour les mêmes milieux : cependant, tant que les angles sont petits, comme le sont ceux des rayons centraux des lentilles, on ne commet pas une erreur notable en regardant aussi le rapport des angles comme constant. Le rapport de réfraction de l'air et de l'eau est 4/3; celui de l'air et du verre commun 3/2. Du reste, le pouvoir réfringent des corps ne dépend pas seulement de leur densité, mais encore de leur combustibilité.

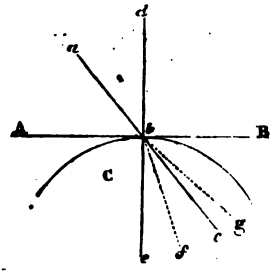
Fig. 102.



La surface du milieu réfringent pouvant, lorsqu'elle est courbe, être regardée comme composée d'une infinité de surfaces planes, quand le rayon lumineux *ab* tombe sur le milieu C, dont la surface est courbe, la tangente AB peut être considérée comme plan d'incidence, et le fil à plomb, dont le rayon lumineux se rapproche en traversant le milieu réfringent, est ici la perpendiculaire *de*, qui rencontre la tangente au point de contact de la courbe. Ainsi le rayon *ab* se rap-

(1) *A Treatise on the eye, the manner and phænomena of vision.* Édimbourg, 1759.

Fig. 103.



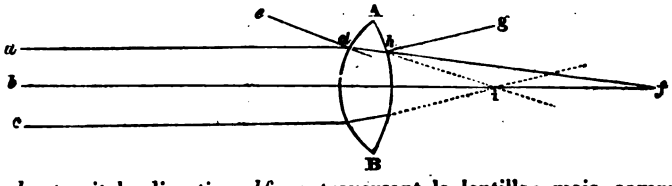
procherait de la perpendiculaire *de*, et suivrait la direction *bf*, en traversant un milieu plus dense, tandis qu'en passant à travers un milieu moins dense, il s'écarterait de la perpendiculaire *de*, et prendrait la direction *bg*.

Il importe, pour la théorie de la vision, de connaître les lois de la réfraction de la lumière dans les lentilles sphériques; car ces corps sont susceptibles, en certaines circonstances, de réunir de nouveau en un point les rayons lumineux qui émanent, en s'écartant, d'un autre point, et de projeter par là une image de ce dernier.

Lorsque des rayons lumineux parallèles, ou provenant d'un point lumineux placé à une distance infinie, tombent sur une surface réfringente plane, s'ils frappent obliquement cette dernière, ils éprouvent bien une réfraction, mais leur parallélisme ne change point. Quand, au contraire, c'est sur une lentille à surface sphérique qu'ils tombent, ils sont rassemblés, c'est-à-dire amenés à une direction convergente.

a, *b*, *c* sont des rayons lumineux parallèles; *b* correspondant à l'axe de la lentille AB, il la traversera sans être réfracté; mais les deux autres, dont l'incidence et l'émergence sont obliques, éprouvent une réfraction: le rayon *a* se rapproche de la perpendiculaire

Fig. 104.



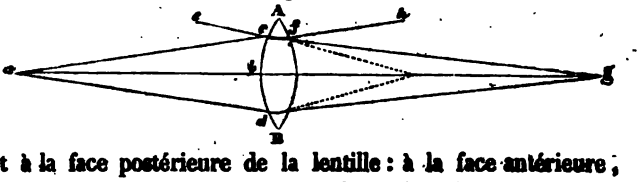
cd, et suit la direction *df* en traversant la lentille; mais, comme, à sa sortie, il passe dans un milieu moins dense, il subit une nouvelle réfraction, s'écarte de la perpendiculaire *gh*, se rapproche davantage encore, par conséquent, du rayon *bf* parallèle à l'axe, et prend la direction *hi*. Si les rayons *a* et *c* sont à une égale distance du rayon *b*, la réfraction de *c* sera la même absolument que celle de *a*, c'est-à-dire qu'après leur sortie de la lentille, les deux rayons couperont le rayon *b* en un point quelconque *i*, que les trois rayons seront réunis sur ce point, et qu'au delà ils s'écarteront de nouveau les uns des autres. Or, comme ce qui est vrai de *a* et de *c* doit l'être également de tous les rayons parallèles, séparés du rayon parallèle à l'axe par une même distance, qui tombent avec lui sur la lentille, tous ces rayons se couperont au point commun *i*, qu'on nomme le *foyer* de la lentille. La distance du foyer des rayons parallèles dépend du pouvoir réfringent de la substance dont la lentille est formée, et de la convexité de ses deux faces; il doit être d'autant plus rapproché que, toutes choses égales d'ailleurs, les deux faces sont plus convexes.

Si les rayons viennent du foyer de la lentille, ils éprouvent, en traversant celle-ci, une réfraction telle qu'à leur émergence ils prennent une direction parallèle les uns aux autres. De ce théorème et du précédent, il suit déjà que, quand les rayons lumineux proviennent d'un point qui est plus éloigné de la lentille que le foyer,

s se trouver toutefois à une distance infinie, ils ne peuvent arriver à se
au foyer de la lentille ni à une distance infinie. Leur point de réunion est
cé entre le foyer et l'éloignement infini; plus le point lumineux est voisin
, plus le point de réunion des rayons est éloigné au delà de la lentille, et plus
prochent du parallélisme; plus, au contraire, le point lumineux est distant
r, plus la distance du point de réunion des rayons diminue, jusqu'à ce
, quand la distance du point lumineux est devenue infinie et les rayons pa-
la réunion de ceux-ci tombe au foyer de la lentille.

Si le point radieux placé à une distance de la lentille AB plus grande
foyer, le

Fig. 105.



parallèle à
traversera
bir de ré-
: *ac* sera
eux fois, à
antérieure et à la face postérieure de la lentille : à la face antérieure,
pprochera de la perpendiculaire *ec*, et marchera dans la direction *cg*;
sera réfracté une seconde fois, et à son passage dans le milieu plus
s'éloignera de la perpendiculaire *fh*, c'est-à-dire prendra la direc-
Si $bc = bd$, la réfraction du rayon *ad* sera la même que celle de *ac*,
ux rayons couperont au même point *i* celui qui est parallèle à l'axe. La
hose aura lieu pour tous les rayons du point *a* qui sont, comme *ac* et *ad*,
listance de l'axe : *acd* peut donc être considéré comme la périphérie d'une
périphérie formée par des rayons lumineux qui se réunissent tous en *i*. La
du point *i* à la lentille se nomme la distance de l'image, qu'il faut bien dis-
de la distance focale principale. Cette dernière est celle à laquelle se
nt les rayons parallèles. Le foyer des rayons divergents est toujours der-
foyer principal, et il s'éloigne d'autant plus de ce dernier que le point
se trouve plus rapproché de la lentille.

stance de l'image dépend : 1° du rapport de réfraction entre la lentille et
placé au-devant d'elle; 2° de la convexité des deux surfaces de la len-
i est exprimée par la grandeur des demi-diamètres des sphères auxquelles
nent les convexités; 3° de la distance de l'objet. Ces trois points étant
on peut, à l'aide du calcul, trouver la distance de l'image pour toute
quelconque de l'objet. Je dois renvoyer aux traités de physique pour la
d'établir une équation entre les demi-diamètres de la lentille, son rap-
réfraction, la distance de l'objet et le foyer de l'image (1). L'équation est

$$\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}=\frac{1}{a}+\frac{1}{a}$$

rapport de réfraction, ou le rapport entre l'angle d'incidence et celui de
, f et g sont les demi-diamètres des convexités des lentilles; a est la dis-

. Fischer, *Lehrbuch der mechanischen Naturlehre*, t. II, p. 211. — Kunzek, *Die Lichte*, p. 115.

tance du point radieux à la lentille, et α la distance cherchée du foyer de l'image. Supposons que l'exposant de réfraction pour l'air et le verre soit 3/2, les demi-diamètres de la lentille 10 et 12 lignes, et la distance du point radieux 100 lignes: on aura

$$\frac{\frac{3}{2}-1}{10}+\frac{\frac{3}{2}-1}{12}=\frac{1}{100}+\frac{1}{x} \text{ ou } \frac{3}{2}-1\left[\frac{1}{10}+\frac{1}{12}\right]=\frac{1}{100}+\frac{1}{x}.$$

De la formule $\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}$ se déduit aussi la distance du foyer des rayons parallèles. Comme pour les rayons parallèles, la distance du point radieux est infinie; il résulte de là que $\frac{1}{a}=0$. Donc, si a est une grandeur infinie, $\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}=\frac{1}{a}$; ou, si l'on appelle α la distance focale des rayons divergents, le foyer principal d'une lentille est déterminé dans la formule $\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}=\frac{1}{p}$.

En combinant la formule pour la distance de l'image $\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}$ et la formule pour la distance focale principale $\frac{n-1}{f}+\frac{n-1}{g}=\frac{1}{p}$, on obtient une formule plus simple encore pour les déterminations optiques; car, comme le premier terme des deux équations est le même, il s'ensuit que $\frac{1}{p}=\frac{1}{a}+\frac{1}{\alpha}$. Ici p est la distance focale principale de la lentille, a la distance du point radieux, α la distance focale de l'image, et l'on peut, d'après la distance focale principale de la lentille et la distance du point radieux, trouver sans peine la distance focale de l'image pour chaque distance du point radieux. De la dernière équation il suit que $\alpha=\frac{ap}{a-p}$.

On trouve donc la distance focale de l'image d'un point radieux en divisant le produit de la distance de l'objet à la lentille et du foyer principal de cette dernière par la différence de l'une à l'autre (1).

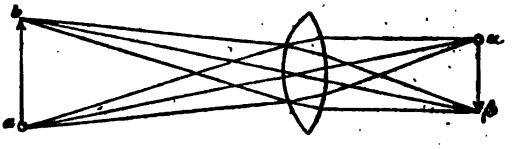
Si la paroi qui reçoit l'image ne se trouve pas à la distance focale, au lieu de la représentation du point radieux, on a celle d'un cercle de dispersion, ou d'un segment de cône lumineux, et le résultat sera le même, que la paroi destinée à recevoir l'image soit située en avant ou en arrière du foyer. Dans le premier cas, les rayons du cône lumineux ne se sont point encore réunis, et dans le second les rayons, après s'être réunis, se sont écartés de nouveau en forme de cône.

Jusqu'ici la réfraction des lentilles n'a été examinée que dans le cas où l'objet est un point radieux. Mais, si cet objet a de l'étendue, et si ses points radieux sont situés sur un plan perpendiculaire au prolongement de l'axe de la lentille, leur

(1) Fischer, *Mechan. Naturlehre*, t. II, p. 213.

e trouve également projetée sur un plan, mais en sens inverse. Soit $a\beta$ le cône lumineux parti de α est amené en a par la réfraction; celui qui β l'est également en b, les autres le sont dans e ordre. L'image repré- objet renversé; le haut ve en bas, le bas en la droite à gauche, la à droite, mais la situa-

Fig. 106.



lative des diverses parties demeure absolument la même. Le rayon médian e lumineux $a\alpha$ et $b\beta$ s'appelle le rayon principal, parce qu'il ne change presque pas, comme le rayon d'un point lumineux qui est parallèle à l'axe ntille. Les autres rayons du cône convergent vers lui après la réfraction, et du point se projette donc toujours dans la direction du rayon principal, e que ce rayon détermine la situation du point dans l'image, et que les principaux des cônes lumineux de chaque point déterminent la grandeur age.

rouve par le calcul les endroits où se réunissent les rayons des points écartés e, et de leur détermination il résulte que, quand le point situé hors de l'axe roisin, de manière que les rayons tombant sur la lentille ne fassent que de ngles avec l'axe, les divers points de l'image sont placés dans un plan droit e à l'objet.

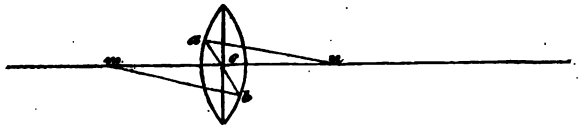
ory prétendait avoir remarqué qu'avec une lentille sphérique, l'image d'une ituée perpendiculairement sur l'axe n'est point plane, mais qu'elle décrit rbe dont la concavité regarde le verre, et qu'il faut, pour avoir une image ue les surfaces du verre aient la forme d'un segment de cône. Priestley le fait, mais répond que l'erreur qui en résulte est insignifiante, parce que ces des lentilles ne sont que de très petits segments de sphère. Kaestner cependant encore qu'en n'ayant point égard à l'aberration de sphéricité, dire, supposant les angles proportionnels à leurs sinus, le calcul le plus ux, exécuté d'après cette supposition, ne fait découvrir aucune courbure nage d'une figure plane. C'est, du reste, un fait expérimental que le pa- le du plan de l'image et du plan de l'objet, quand celui-ci a une direction liculaire à l'axe de la lentille. Il n'est pas non plus difficile d'en donner la mathématique pour une image de peu d'étendue: on la trouve dans les létaillés de physique (1).

leux surfaces d'une lentille étant parallèles, ou à peu de chose près, au e de l'axe, les rayons qui traversent obliquement cet axe ne s'écartent point, ortie, de la direction qu'ils avaient à leur entrée, quand leur immergence mergence ont lieu dans la partie parallèle des deux surfaces de la lentille. fraction se comporte de même que quand des rayons traversent oblique- e plaque de verre à faces parfaitement parallèles. Le rayon s'écarte autant rpendiculaire, à sa sortie, qu'il s'en était rapproché à son entrée, de sorte change pas de direction: aussi le rayon médian d'un cône lumineux mé-

(1) NEES, *Lehre vom Lichte*, p. 150.

diocrement oblique qui traverse le milieu de l'axe de la lentille doit-il être considéré comme ne changeant pas de direction et déterminant celle de l'image que projette un point situé hors de l'axe de la lentille. Du reste, le point par lequel les rayons doivent passer pour ne pas éprouver de réfraction, n'est pas exactement le centre de l'axe de la lentille, à cause de la convexité différente des surfaces; il s'en écarte soit en avant, soit en arrière; le cas dans lequel les deux faces ont des demi-diamètres égaux est le seul où ce point coïncide avec le centre de l'axe. On appelle ce point *centre optique* de la lentille. Soient *n* le centre de la surface antérieure de la lentille, c'est-à-dire de la sphère à laquelle celle-ci appartient, *m* celui de la surface postérieure, et *a* un point arbitrairement choisi de la surface antérieure:

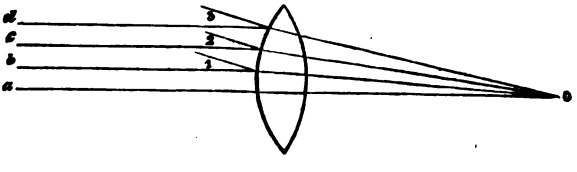
Fig. 107.



an est le rayon de cette surface; supposons que la ligne *mb* tirée du centre de l'autre surface *m* soit parallèle à *an*, la ligne *ab* coupe l'axe de la lentille en *c*, et *c* est le centre optique de la lentille; car, *an* et *mb* étant parallèles, les angles *nab* et *mba* sont égaux. Si *ab* est un rayon de lumière, l'angle qu'il forme avec la perpendiculaire *an* est égal à l'angle qu'il forme avec la perpendiculaire *mb*. L'angle d'incidence de l'air dans le verre se comporte, à l'égard de l'angle de réfraction *nab*, tout comme l'angle de réfraction du verre dans l'air à l'égard de l'angle d'incidence de *mba;* par conséquent, le rayon demeure parallèle à son immergence et à son émergence, et il doit être considéré comme n'ayant point été réfracté. Si la lentille est biconvexe, mais à convexités inégales, le centre optique est plus rapproché de la surface la plus convexe.

Nous n'avons eu égard jusqu'à présent qu'à la réfraction des rayons qui traversent le milieu de la lentille; il faut examiner maintenant la manière dont se comportent ceux qui traversent le bord, et quel est leur rapport avec le foyer. Quelle que puisse être la forme d'une lentille, sphérique, plan-convexe, ou biconvexe, dans tous les cas les rayons parallèles qui pénètrent en elle à une égale distance de son axe se réunissent au même point; car leurs angles d'incidence et de réfraction sont égaux. De même, quand l'axe d'un cône lumineux passe par l'axe d'une lentille, ceux de ses rayons qui, la rencontrant en cercle, la traversent à une égale distance de son axe, se réunissent toujours en un point. Mais comment se comportent les autres rayons du cône? Sont-ils admis aussi dans le même point de réunion, ou y en a-t-il un autre pour eux? Pour que les rayons parallèles *a*, *b*, *c*, *d*, se réunissent au foyer *o*, il faut que leurs réfractions croissent en proportion de leur distance à l'axe de la lentille. En effet, les angles d'incidence 1, 2, 3 croissent proportionnellement à la distance qui sépare les rayons *b*, *c*, *d* de l'axe *a*. Il est donc nécessaire, pour

Fig. 108.



que des rayons parallèles se réunissent en un foyer, que le corps réfringent présente des surfaces courbes.

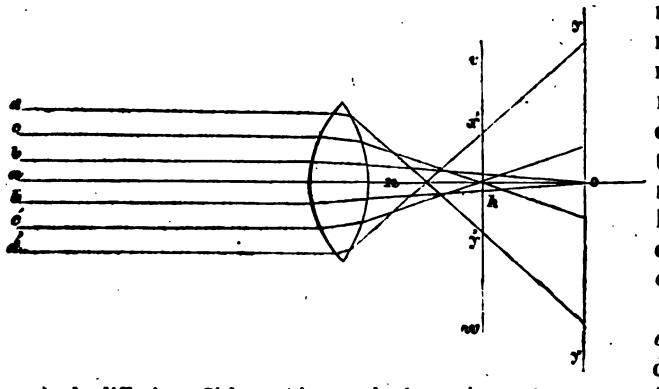
Il reste à savoir suivant quelle proportion les angles de réfraction des rayons parallèles doivent croître depuis l'axe jusqu'au bord de la lentille pour pouvoir se réunir en un seul point, ou, en d'autres termes, de quelle espèce doivent être les courbes des surfaces de la lentille pour que ce but soit atteint. L'expérience et le calcul font voir que les surfaces sphériques des lentilles ne remplissent point complétement la condition, et que les courbes nécessaires pour opérer une réunion parfaite des rayons lumineux en un point s'écartent de la forme sphérique. Mais on ne peut point obtenir, par l'usure, des lentilles sans surfaces sphériques. Lorsque les surfaces de ces instruments ont une forme sphérique, la réfraction des rayons marginaux croît avec plus de rapidité qu'il ne le faudrait pour que la réunion de tous les rayons centraux et marginaux pût s'effectuer sur un seul point : c'est ce qu'on appelle l'*aberration de sphéricité*. Les points de réunion sont différents pour tous les cercles de rayons, depuis le centre jusqu'au bord, et ces points se reportent d'autant plus en avant, vers la lentille, que les cercles deviennent plus larges, ou qu'il passe plus de rayons marginaux.

Je ne connais aucune preuve mathématique de ce phénomène qui soit facile à comprendre; c'est pourquoi je me suis borné à l'exposer empiriquement, comme on a coutume de le faire dans les manuels de physique. Kunzek a bien essayé de faire concevoir l'aberration de sphéricité par une déduction géométrique; mais ce moyen manque évidemment le but. Il montre quel changement les rayons lumineux subissent à travers le prisme, quand on agrandit l'angle réfringent de ce dernier; puis il ajoute qu'une lentille sphérique doit être considérée comme un prisme dont l'angle réfringent, nul à l'axe, s'accroît symétriquement de chaque côté de l'axe jusqu'au bord de la lentille. Or, comme le rayon lumineux qui traverse un prisme se trouve dévié d'autant plus de sa direction primitive que l'angle réfringent du prisme grandit, et comme la lentille est un prisme dont l'angle réfringent va en augmentant depuis l'axe jusqu'aux bords, il s'ensuit que les rayons qui rencontrent la lentille à une plus grande distance de l'axe doivent être plus détournés de leur direction, et qu'en conséquence ils coupent l'axe plus tôt que ne le font les rayons centraux. La conclusion ne ressort nullement de toute cette déduction; car, dans le cas aussi de réunion complète, tant des rayons centraux que des rayons marginaux, en un seul point, les angles d'écartement des rayons de leur direction doivent également croître jusqu'au bord; en effet, s'ils ne croissaient pas, les rayons incidents parallèles éprouveraient bien une réfraction, mais ils continueraient de marcher parallèlement sans changer de direction, c'est-à-dire que la lentille serait alors un prisme dont les angles de réfraction ne croissent pas vers le bord, mais demeurent les mêmes; elle ne serait point une lentille, mais un simple prisme. C'est de ce mode seul d'accroissement, ou de la forme de la courbe, qu'il dépend que les rayons marginaux et les rayons centraux se réunissent ou non en un point.

Il suffit, pour notre but, d'en rester au fait empirique que les rayons marginaux d'une lentille à surfaces sphériques se réunissent plus près que les rayons centraux. Dans la figure ci-contre, les rayons d, c, b, a, b', c', d' sont parallèles. Comme les rayons b et b' sont placés à une égale distance de l'axe a, et que la réfraction

est très faible au voisinage de l'axe, ce sont eux qui coupent l'axe à la plus grande distance de la lentille, au point *o*. Les rayons *c* et *c'*, qui sont plus éloignés de l'axe, se réuniront et se croiseront en *h*. Enfin les rayons *d* et *d'*, qui sont les plus distants de cet axe, se réuniront et se croiseront en *n*. S'il se trouve en *o* une surface qui reçoive la lumière, il s'y formera non seulement le foyer des rayons centraux, mais encore un cercle diffus de tous les autres rayons qui ont leur foyer, non en *o*, mais en *h*, en *n*, et autres points de l'axe *ao* ; *yy* sera le diamètre de ce cercle de diffusion. Si la paroi est placée en *h*, on y verra paraître le foyer des rayons *c*, *c'*, avec le foyer de diffusion *x'y'*, etc.

Fig. 109.



Si les rayons *d*, *c*, *b*, *a*, *b'*, *c'*, *d'*, au lieu d'être parallèles, constituent la base d'un cône lumineux éloigné à l'infini, il n'y a pas non plus de réunion en un seul point, et l'on apercevra sur la paroi, outre un point de réunion déterminé de certains rayons, les cercles de diffusion de certains rayons. Si les rayons peuvent tomber à la fois sur la partie centrale et sur la partie marginale de la lentille, les cercles de diffusion seront naturellement plus grands qu'en toute autre circonstance, que la paroi se trouve en *vw* ou en *yy* ; car alors, outre le point de réunion de certains rayons, il apparaîtra des diffusions de tous les autres. Mais, si les rayons marginaux peuvent être éliminés, et qu'il ne passe que les centraux, alors, quand la paroi se trouve au point de réunion de ces derniers en *o*, le cercle de diffusion de tous les autres rayons disparaît en entier, et l'image est nette. On obtient ce résultat en couvrant d'un diaphragme la partie marginale de la lentille. L'image deviendra également nette si la lumière passe par le bord seulement de la lentille, et que le centre soit couvert, car alors on n'aura plus le cercle de diffusion des rayons centraux. Ce dernier mode d'occlusion n'est point employé dans les instruments d'optique, parce que l'aberration au bord nuit davantage ; mais tous ces instruments doivent être pourvus de diaphragmes pour donner des images nettes.

Lorsque l'ouverture du diaphragme est très petite, il peut naître de l'inflexion de la lumière au bord de celui-ci, des phénomènes nouveaux et particuliers, qui changent notablement la forme et la clarté de l'image.

L'aberration de sphéricité peut être diminuée et réduite au minimum par un changement du rapport entre les courbures des deux surfaces. Elle devient aussi petite que possible, d'après Herschel, quand le rayon de la surface postérieure de la lentille est six à sept fois plus grand que celui de la surface antérieure. En mettant deux lentilles minces en contact l'une avec l'autre, on détermine les rapports

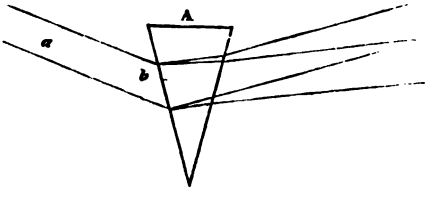
ayons sous l'influence desquels l'aberration de sphéricité disparaît entièrement. roissement de la densité d'une lentille de la circonférence au centre doit aussi uer l'aberration ; car alors le foyer des rayons centraux se trouve raccourci et oché de celui des rayons marginaux, qui a moins de longueur. Les lentilles on a évité l'aberration sont appelées aplanatiques.

III. CONDITIONS PHYSIQUES DES COULEURS.

A. Couleurs dioptriques. Théorie newtonienne des couleurs.

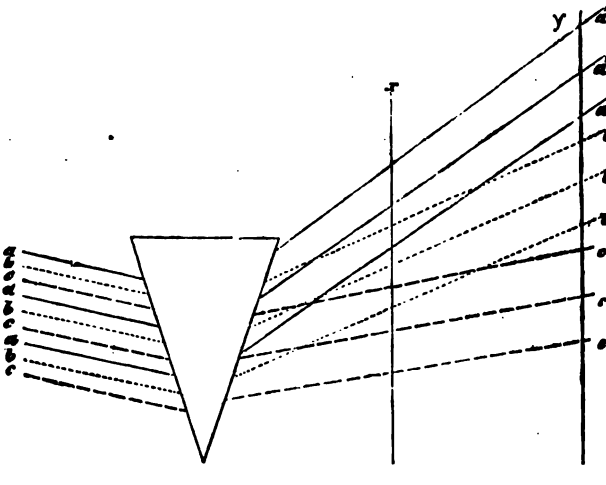
and la lumière subit la réfraction, non seulement elle est détournée de sa tion, mais encore elle paraît, sous certaines conditions, colorée. C'est à l'aide risme qu'on aperçoit le mieux énomène des couleurs. Soit *ab* isceau de rayons solaires paral-, qui tombent obliquement sur risme ; ils sont réfractés deux par la surface antérieure et par urface postérieure de celui-ci ; , au lieu que les rayons conti- nt de marcher parallèlement dans uvelle direction, le faisceau de lumière s'étale, et, s'il est reçu par une surface, il tre les couleurs de l'arc-en-ciel. Il n'est pas nécessaire, pour observer ces cou- s, de faire tomber la lumière, par le trou d'un volet, dans une chambre obscure; es voit en plein jour lorsqu'on projette la lumière solaire sur un mur, après lle a traversé le prisme; mais le phénomène est beaucoup plus apparent dans chambre obscure, et les limites du spectre y sont plus nettes. Au lieu d'une ge ronde, le faisceau réfracté par le prisme jette une figure oblongue, à bords raux droits, arrondie par le haut et par le bas, dans laquelle les couleurs se cèdent ainsi : violet, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. D'après les lois de la action seule, les rayons lumineux parallèles recevraient bien du prisme une re direction, mais ne perdraient pas leur parallélisme. Or, comme l'image s'est gie, il est évident que les rayons, qui ont cessé d'être parallèles, n'ont pas subi même réfraction. Ce fait conduisit Newton à sa théorie des couleurs. De l'action prisme il conclut que le faisceau de rayons solaires sur lequel on opère doit fermer des éléments ou des rayons qui diffèrent de réfrangibilité, et parmi les- ls ceux qui sont réfrangibles au même degré sont les seuls qui continuent de rcher dans une même direction. Si, par exemple, dans le faisceau des rayons allèles, a, a, a sont également réfrangibles, que b, b, b, doués entre eux de la me réfrangibilité, en aient une différente de celle d'a, que c, c, c, également rangibles entre eux, le soient autrement que a et b, il n'y aura plus de parallèles re eux, après la réfraction, que a', a', a', b', b', b', et c', c', c', qui ont la me réfrangibilité ; mais aucun de ces trois faisceaux ne conservera son parallé- ne avec les deux autres, qui ne sont pas réfrangibles au même degré que lui. s rayons homogènes a', a', a', paraissent sous la même couleur, le violet ; les yons homogènes b', b', b', sous la même couleur, le bleu ; les rayons homogènes

Fig. 110.



c', c', c', sous la même couleur, le vert, et ainsi des autres pour le jaune, l'orangé et le rouge. Le violet et le rouge sont placés aux limites extrêmes et opposées du spectre, parce que le premier est le plus réfrangible de tous, et que le dernier l'est le moins. Mais on n'apercevra les couleurs qu'autant qu'on les recevra à une distance convenable du prisme, par exemple à la distance y, où les rayons a', b', c', qui s'éloignent les uns des autres, ne se couvrent plus. Si l'on reçoit l'image plus près du prisme, par exemple en x, les rayons hétérogènes a', b', c', se couvrent dans son milieu, de sorte qu'alors la partie moyenne de cette image est blanche, et qu'il n'y a que son extrémité supérieure et son extrémité inférieure qui soient colorées. Plus on reçoit le spectre près du prisme, moins les rayons hétérogènes se sont séparés; plus la partie moyenne blanche est grande, et plus la bordure colorée est petite.

Fig. 111.



Ceci mène à la conclusion qu'on voit le blanc lorsque les mêmes points d'un corps reçoivent à la fois et renvoient à l'œil des rayons hétérogènes de toutes les espèces, et que la couleur apparaît quand la lumière homogène d'une espèce fait impression sur l'organe visuel; en d'autres termes, que la lumière blanche est un composé des différentes couleurs; que celles-ci, prises ensemble, donnent du blanc, mais que les milieux réfringents les séparent les unes des autres, à cause de leur réfrangibilité différente.

Cette conclusion trouve sa confirmation dans le fait que les rayons colorés peuvent être de nouveau réunis en lumière blanche.

1° Lorsqu'on reçoit, à l'aide d'une lentille, la lumière colorée qui se projette derrière le prisme, les rayons colorés se réunissent en une autre image blanche sur un point déterminé, en arrière duquel ils continuent de marcher séparés les uns des autres.

2° On arrive au même résultat en faisant traverser à la lumière solaire deux prismes qui aient le même angle réfringent et une situation inverse. Par la réfraction en sens opposé qu'il détermine, le second prisme détruit l'effet du premier, et l'image ne peut apparaître que blanche.

3° On y parvient également à l'aide d'un miroir concave, sur lequel on fait tomber obliquement les rayons colorés produits par le prisme. Ainsi réfléchis en bas, ils ne produisent qu'une image blanche.

Les couleurs dioptriques se présentent aussi, quoique moins prononcées, lors-

au lieu de prisme on emploie des lentilles; elles forment alors des bandes colo-
s autour des objets. Une lentille peut être considérée comme un prisme dont
gle réfringent croît vers le bord de l'instrument, et dans lequel la décompo-
on de la lumière s'opère, non pas de haut en bas, comme dans le prisme, mais
ant toutes les directions, du centre à la périphérie. Les bandes colorées sont
ıtant plus fortes que l'image est plus éloignée du point de réunion des rayons.
'emploi du mot *rayon* dans l'exposition de la théorie newtonienne des couleurs
it naître dans l'esprit de quelques personnes la fausse idée qu'en conséquence
cette théorie, chaque rayon de lumière blanche serait composé de plusieurs
ons de lumière colorée, qui en formeraient pour ainsi dire les éléments. Mais,
r bien saisir les résultats qui découlent des découvertes de Newton, il faut se
orter à l'organe de la vision, qui joue un rôle actif dans le phénomène des cou-
rs et de la lumière. On sait que la membrane nerveuse de l'œil ressemble à une
saïque, constituée par les extrémités d'innombrables fibres nerveuses. Chaque
ille de cette mosaïque représente la plus petite parcelle élémentaire de l'organe
nel qui soit susceptible d'éprouver une sensation.

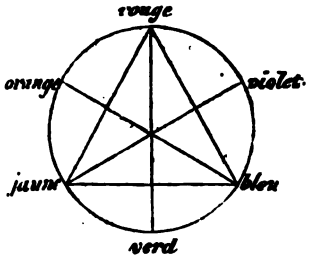
Tant que de la lumière diversement colorée tombe sur cette mosaïque de l'organe
nel, de telle manière que chacune des parties élémentaires de la rétine reçoive
la lumière homogène, savoir, *a* de la bleue, *b* de la jaune, *c* de la rouge, ces
pressions colorées sont perçues comme existant les unes à côté des autres. Mais,
sque les mêmes particules de la rétine sont éclairées par toutes les principales
uleurs à la fois, de sorte que la même papille nerveuse soit déterminée à voir
nge, jaune et bleu, on ne distingue plus ni l'une ni l'autre de ces couleurs, mais
e impression mixte, qui produit le blanc. C'est là tout ce que l'on peut conclure
s observations de Newton. Ainsi l'impression simultanée de toutes les couleurs
r la même particule de la rétine produit la sensation du blanc.

Newton admettait, sans motifs suffisants, sept couleurs dioptriques, qui résultent
la décomposition de la lumière blanche par la réfraction, et l'on s'en tint pen-
ıt trop longtemps à cette hypothèse arbitraire, qui aurait dû être rectifiée dès
ant les travaux de T. Mayer et de Gœthe. Il n'y a que trois couleurs principales,
jaune, le bleu et le rouge, par le mélange desquelles toutes les autres s'expli-
ıent. Entre le jaune et le bleu se trouve le vert, qui résulte de leur mélange;
ıtre le bleu et le rouge, le violet; entre le rouge et le jaune, l'orangé. Lorsqu'il
mbe de la lumière rouge et de la lumière bleue sur la même particule de la
tine de l'œil, on ne voit ni l'une ni l'autre, mais du violet; il en est de même des
ıtres couleurs qui s'unissent pour produire des sensations mixtes. De là vient
ıe l'association d'une couleur mixte et d'une pure correspond à celle des trois
uleurs principales, parce que la couleur mixte contient toujours déjà les deux
ıtres couleurs principales. Ainsi, par exemple, 2/3 d'orangé et 1/3 de bleu sont
ıtant que 1/3 de bleu, 1/3 de rouge et 1/3 de jaune, ces deux derniers consti-
ant ensemble les 2/3 d'orangé. Donc, lorsqu'au moyen d'un appareil particulier,
ı opère la réunion sur un plan de l'orangé et du bleu prismatiques, l'impression
ıt celle du blanc, comme la produiraient les trois couleurs principales unies en-
mble; la même chose a lieu pour le rouge et le vert, qui contient du bleu et du
ıune, et pour le jaune et le violet, qui constituent du rouge et du bleu. Une cou-
ur prismatique mixte et une couleur prismatique pure, qui donnent ensemble du

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
PASTEUR VAULT
PALO ALTO, CALIF.

blanc, prennent l'épithète de *complémentaires*. Le vert et le rouge, le jaune, le bleu et l'orangé, sont complémentaires. Le noir n'est point positive : ce n'est que l'expression du repos de certaines parties de la r toutes. Lorsque les impressions de couleurs, sans mélange de blanc faibles, elles sont nécessairement plus ou moins obscures en même ter l'impression de la lumière blanche est assez faible, l'organe visuel aper ou, comme on dit, un mélange de blanc et de noir. Cependant le gris provenir du mélange de couleurs pigmentaires : des pigments rouge, ja mêlés ensemble, donnent du gris. On peut aussi produire du gris ave ments seulement, lorsque l'un d'eux est une couleur pure, et l'autre mixte, c'est-à-dire due au mélange de deux autres, qui, avec la co représentent les trois couleurs principales, rouge, jaune, bleu. Ainsi l vert, le jaune et le violet, l'orangé et le bleu, donnent du gris. On appell complémentaires les couleurs qui produisent du gris par leur associatio

Fig. 112.



Dans la figure ci-contre, les trois couleurs, rouge, jaune, bleu, sont plac gles d'un triangle équilatéral unis pa les couleurs mixtes se trouvent entr qui leur correspondent ; les complémer les pigments produisent ensemble du les spectres prismatiques donnent d leur réunion, sont opposées et situé extrémités des diamètres. La même figu également d'autres nuances qui, prise donneraient du gris ou du blanc, suivant leur intensité. Ainsi, qu' représentées dans le cercle toutes les nuances intermédiaires entre les qui y sont marquées, les couleurs complémentaires seront toujours p lièrement en face les unes des autres, de manière, par exemple, que la l'orangé et le rouge est complémentaire de celle entre le vert et le bleu. I avoir partagé un disque circulaire en trois champs égaux dont chacu d'une des couleurs principales, on le fait tourner sur lui-même avec as dité pour que les couleurs changent de place sur la rétine avant l'ef l'impression qu'elles y ont produites, au lieu des couleurs, c'est du aperçoit. Le même effet a lieu quand le disque est peint de deux co plémentaires seulement, mais dans de certaines proportions (2/3 de la de la pure). Mais, si l'une des couleurs prédomine trop, elle influe sur n'est plus pur. Deux couleurs pures, sans la couleur complémentaire, jamais de gris quand on les mêle ensemble, mais seulement la nuance leur mélange, par exemple, du vert pour le bleu et le jaune, du vi rouge et le bleu, de l'orangé pour le rouge et le jaune.

On a regardé ces faits comme une preuve de l'inexactitude de la thé nienne des couleurs, d'après laquelle les couleurs principales prises e par conséquent aussi les complémentaires, devraient donner du blanc gris. Cependant il serait difficile que les choses se passassent autremen de Newton étant exacte ; car les pigments sont trop troubles et absorl lumière pour ne pas donner du gris, au lieu de blanc, lorsqu'on vient

. *Effectivement*, d'après la théorie de Newton, un corps coloré a telle ou
ur parce qu'il absorbe une ou plusieurs des couleurs de la lumière solaire
t n'en réfléchit qu'une déterminée. L'impression de plusieurs champs
nts sur un disque circulaire animé d'un mouvement rotatoire ne peut
blanche, parce qu'un disque blanc réfléchit toute la lumière, tandis que
colorés n'en renvoient qu'une partie. Ainsi la réunion des impressions
r les mêmes points de la rétine doit être un blanc affaibli, un gris plus
lair ou plus ou moins foncé, suivant la quantité de clair ou de trouble
ve dans les pigments.

'on réunit les couleurs claires du spectre prismatique, on obtient un
qui résulte aussi de la réunion de deux couleurs dioptriques complé-
, comme l'a fait voir Grotthuss (1).

remarquer que les couleurs claires intermédiaires qu'on obtient par la
de deux couleurs prismatiques peuvent être redécomposées par le prisme
couleurs primitives, tandis que le prisme n'a pas le même pouvoir sur
la spectre prismatique. Cette différence semble prouver que la lumière
contient plus de trois couleurs primitives, et qu'il y a vraisemblablement en
nombre infini de rayons d'une réfrangibilité différente. Que les couleurs
édiaires prismatiques et celles qui résultent de mélanges produisent la même
sion, celle du vert, par exemple, tandis qu'elles se comportent diversement
nt de vue de l'aptitude à se décomposer, c'est ce qu'on explique, dans la
de l'ondulation, par la vitesse des ondes, les ondes qui ont la vitesse des
erts primitifs faisant la même impression sur la rétine que des ondes simul-
de vitesse différente, de rayons jaunes et bleus, qui frappent ensemble la
artie de la rétine. La vitesse des rayons verts est même intermédiaire entre
rayons bleus et celle des rayons jaunes. Mais la vitesse des rayons violets
considérable que celle des bleus et des rouges.

ste, la théorie newtonienne des couleurs demeure la même, quant aux
sentiels, soit qu'on adopte la doctrine de l'émanation, soit qu'on préfère
'ondulation ; car les impressions qu'en vertu de la première, les rayons
diverse de la lumière colorée font sur l'œil, dépendent, dans la seconde,
ersité des ondes et de la vitesse des lumières diversement colorées, et ces
rouvent une réfraction inégale en traversant les milieux réfringents.

jections que Gœthe a élevées contre la théorie newtonienne des couleurs
en grande partie sur un malentendu. Gœthe et Seebeck considèrent les
comme naissant du blanc et du noir, et leur attribuent à elles-mêmes
ine obscurité, dont le degré établit la distinction qui règne entre elles,
u'elles se suivent du blanc au noir, comme jaune, orangé, rouge, violet,
dis que le vert semble se trouver dans le milieu entre le jaune et le bleu.
narque, quoiqu'elle n'exerce pas d'influence essentielle sur la théorie de
est juste, et les recherches de Herschel en ont donné la confirmation
ntale. Herschel examina l'intensité de la lumière de rayons colorés qui
ient à éclairer des objets sous le microscope : le jaune et le vert jaune
eux qui éclairaient le mieux ; venaient ensuite, dans un ordre décroissant,
le rouge, le bleu et le violet (dont on aurait dû s'attendre à trouver la

(1) SCHWEIGGER'S *Journal*, t. III, p. 158.

place entre le rouge et le bleu). La clarté des rayons verts était plus faible aussi que celle des rayons d'un vert jaune. Une autre preuve, plus sûre encore, de la différence de clarté entre les rayons colorés, nous est fournie par les phénomènes de l'éblouissement. Quand on a regardé le soleil, et qu'on ferme les yeux jusqu'à produire une obscurité complète, l'image laissée par le soleil paraît claire ou blanche sur un fond noir; mais cette image passe par toute la série des couleurs jusqu'au noir, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle ne se détache plus du fond noir, et la série des couleurs qu'elle parcourt ainsi du blanc au noir est précisément celle des plus claires aux plus obscures, jaune, orangé, rouge, violet, bleu. Si, au contraire, après avoir regardé le soleil, on regarde un mur blanc, l'image de l'astre paraît noir sur le fond blanc de la muraille, et elle passe des teintes obscures aux claires, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée au blanc, et qu'on ne puisse plus la distinguer du mur.

Mais, quelque exacte que soit la remarque de Gœthe sur la différence de clarté des couleurs, il ne s'ensuit pas qu'on doive conclure de là, avec lui, que la couleur naît d'un mélange de clair et d'obscur. L'obscur, comme je l'ai déjà dit, n'a point d'existence positive : ce n'est que le repos de certains points de la rétine ou de la membrane entière. Une couleur peut, sans être le résultat d'un mélange de blanc ou de noir, stimuler plus ou moins la rétine, par conséquent avoir plus ou moins d'intensité, et paraître plus ou moins obscure, que d'ailleurs cet effet tienne à la différence de vitesse des ondes lumineuses, ou à leur différence de volume dans les diverses couleurs, ou à toute autre propriété quelconque de la lumière.

Les points principaux de la théorie des couleurs imaginée par Gœthe reposent sur l'idée fausse qu'il se faisait de l'obscur ou du noir, en le regardant comme quelque chose de positif. Le gris qui se produit, au lieu de blanc, lorsqu'on mêle ensemble des pigments à couleurs complémentaires, donne un certain vernis de vraisemblance à l'opinion de Gœthe et de Seebeck; mais la formation de ce gris est facile à expliquer, et d'ailleurs on peut prouver strictement que le blanc et le noir seuls ne sauraient jamais donner naissance à une couleur. Il ne résulte de ce mélange que du gris, soit que les deux impressions, comme dans le disque tournant, se succèdent avec assez de rapidité pour que l'image persistante de l'une et l'image naissante de l'autre se couvrent, soit que les deux causes agissent à la fois sur les mêmes parties de la rétine, ce qui se réduit à dire que l'action de la cause du blanc se trouve tempérée, et que de là naît du gris.

Les phénomènes qu'on observe en regardant des objets incolores à travers des corps demi-transparents sont ceux qui semblent parler le plus en faveur de la théorie de Gœthe. Cependant on peut les expliquer aussi d'après les faits connus, et à l'aide des principes de la théorie newtonienne elle-même.

Les milieux troubles, comme le dit Gœthe, font paraître la lumière blanche, jaune ou même d'un jaune tirant sur le rouge, en la modérant : tel est l'effet du verre blanc et d'un air chargé de vapeurs au moment du crépuscule. Ce phénomène est attribué avec raison à la propriété dont le verre blanc, qui a toujours une teinte bleuâtre, jouit de laisser plus passer les rayons jaunes et rouges que les rayons bleus de la lumière blanche. Plusieurs milieux troubles ne le présentent pas, suivant la remarque de Brandes : ainsi, par exemple, un nuage humide fait paraître blanche la lumière tant réfléchie que transmise, parce qu'il en laisse passer ou réfléchit toutes les couleurs à la fois.

Les objections tirées des phénomènes prismatiques, que Gœthe élève contre la théorie newtonienne des couleurs, manquent de fondement. Gœthe assigne, comme condition, à l'image prismatique colorée, qu'elle soit bornée, et que du clair limite le l'obscur ; la couleur n'apparaît qu'à cette limite, parce que du clair et de l'obscur à la fois sont nécessaires pour la produire, ce qui fait qu'un objet non limité, un mur blanc, vu à travers le prisme, paraît blanc, et non coloré. Cependant ce dernier effet est précisément une conséquence de la théorie de Newton ; car, tous les points de la muraille blanche renvoyant de la lumière blanche, c'est-à-dire des rayons bleus, rouges et jaunes à la fois, chaque partie de la rétine est aussi affectée par tous les rayons colorés à la fois, c'est-à-dire par du blanc. Il faut sans doute une limite de clair et de moins clair ou d'obscur, pour que les couleurs dioptriques apparaissent ; mais cette condition est nécessaire aussi dans le sens de la théorie de Newton ; car les seuls rayons colorés susceptibles d'être vus comme tels sont ceux qui ne se rencontrent pas avec d'autres couleurs dans l'image, et qui s'isolent à la limite de celle-ci, en vertu de leur réfrangibilité différente.

Enfin l'explication que Gœthe donne des couleurs prismastiques n'est pas satisfaisante. Suivant lui, la réfraction est cause que, sur la limite d'une image obscure et claire, le champ obscur se meut sur le champ clair, et celui-ci sur l'autre, et de là naissent, à la limite, les bandes colorées. Cependant la lumière peut bien, à la limite de l'obscur, se disperser sur les parties en repos de l'œil, mais l'obscur ne peut point se répandre sur le clair ; car, du point de vue physiologique, auquel ont ici doit être finalement rapporté, l'obscur n'est que la partie de l'œil où nous mettons la rétine dans l'état de repos (1). Le mérite de Gœthe, par rapport à la théorie des couleurs, ne tient point à la manière dont il a envisagé les causes des couleurs prismatiques. Ce n'est pas ici le lieu d'examiner les précieux résultats de ses recherches sur les couleurs physiologiques, sur les effets moraux des couleurs, et sur l'histoire de leur théorie.

B. Couleurs naturelles des corps. Pigments.

La couleur naturelle des corps non lumineux par eux-mêmes dépend immédiatement de la lumière qui tombe sur eux, et qu'ils nous renvoient en la réfléchissant ; mais elle tient aussi en partie à leur affinité pour elle ; car tantôt ils la réfléchissent complétement, tantôt ils l'absorbent en entier, avec dégagement de chaleur ; ou bien ils la réfléchissent et l'absorbent en partie, et tantôt ils la laissent passer tout entière, tantôt ils ne laissent passer que certains rayons et absorbent les autres. Un corps blanc est celui qui réfléchit toutes les espèces de lumière colorée à la fois ; un corps noir, celui qui les absorbe toutes et n'en réfléchit aucune ; un corps coloré, celui qui absorbe ou laisse passer certains rayons colorés de la lumière blanche et réfléchit les autres. Un corps transparent incolore laisse passer toutes les sortes de rayons, qui, à leur sortie, conservent l'aspect de lumière blanche, et il ne réfléchit qu'une très petite partie de tous ces rayons. Un corps transparent

(1) J'ai examiné plus au long, dans mon traité intitulé : *Physiologie des Gesichtsinnes* (Leipzick, 1826, p. 399, 409), ces défauts de la théorie de Gœthe, qu'il m'a été impossible de perfectionner, quoique je cherchasse à en conserver quelques principes.

coloré absorbe certains rayons de la lumière, et laisse passer les autres à travers sa substance. On peut démontrer expérimentalement que la couleur des corps opaques tient à ce qu'ils absorbent certains rayons de la lumière et en réfléchissent d'autres.

Quand des corps colorés qui réfléchissent certains rayons viennent à être éclairés par une autre lumière colorée absolument homogène, ils ne sont point en état de réfléchir cette dernière, qu'ils absorbent, et paraissent en conséquence totalement incolores. La mèche d'une lampe à esprit-de-vin, qu'on a imprégnée de sel marin, donne une lumière jaune homogène, d'après la remarque de Brandes; vus à cette lumière, tous les objets colorés paraissent sans couleur, à l'exception de ceux qui sont jaunes. Cependant, la plupart du temps, la lumière colorée n'est point homogène, et contient de la lumière blanche, indépendamment de celle d'une teinte particulière qui y prédomine. Les corps colorés transparents, tantôt paraissent d'une teinte différente par réflexion et par transmission, tantôt offrent la même dans les deux cas. Le même nuage peut paraître bleuâtre par réflexion, et jaune ou orangé par transmission; dans le premier cas, il laisse passer les rayons jaunes et rouges, que nous ne voyons pas, et nous envoie les bleus, qu'il réfléchit; dans le second, nous voyons les rayons orangés transmis, et non les bleus, qui sont réfléchis. Brandes explique de cette manière la teinte tantôt bleuâtre, tantôt aurore de l'atmosphère. Quand le temps est beau, l'atmosphère paraît bleuâtre à l'est, où elle nous réfléchit la lumière bleue, laissant passer la jaune et la rouge, que nous ne voyons pas; mais elle est orangée à l'ouest, où elle laisse passer la lumière jaune et rouge, qui nous arrive, tandis qu'elle réfléchit la bleue. C'est par la même raison qu'un verre laiteux bleuâtre semble d'un rouge de feu quand on le regarde à contre-jour. D'autres corps transparents ont la même couleur par transmission et par réflexion; ils réfléchissent une partie d'une lumière colorée, tandis qu'ils laissent passer une partie de cette même lumière, et ils absorbent complétement les autres rayons colorés.

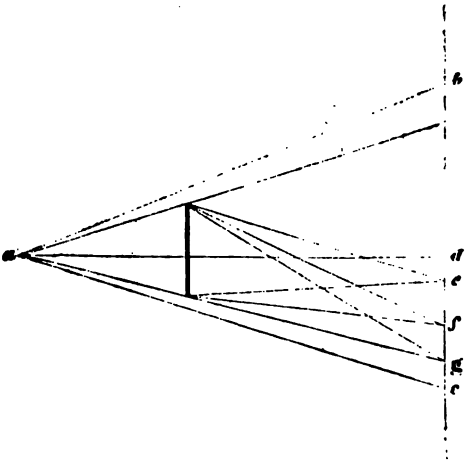
C. Couleurs par interférence des rayons lumineux.

La théorie newtonienne des couleurs n'est point renversée par les phénomènes qu'on explique au moyen du principe, découvert par Th. Young, de l'interférence des rayons lumineux, ou de l'action des ondes lumineuses les unes sur les autres. Comme de nombreux phénomènes de coloration, dont on avait eu jusqu'alors beaucoup de peine à se rendre compte, sont redevables de leur origine à cette loi, il est nécessaire, pour compléter l'histoire des couleurs physiques, d'exposer les principaux points de la théorie de l'interférence et des couleurs produites par elle.

La propriété d'agir réciproquement les uns sur les autres, que Young a découverte dans les rayons lumineux, consiste en ce que deux de ces rayons, qui partent d'un point, et qui parviennent à un autre point en suivant des voies peu différentes, et sous un très petit angle de convergence, acquièrent une faculté d'illumination plus intense dans certaines circonstances, et perdent entièrement cette faculté dans d'autres conditions. Cette action réciproque qu'ils exercent les uns sur les autres, est ce qu'on nomme *interférence*. Supposons que le cône lumineux

, *b*, *c*, émané du point *a*, tombe dans un espace obscur; qu'à quelque distance
ı sommet de ce cône se trouve une languette étroite de carton ou de bois (qui,
our plus de clarté, a été rendue très large dans la figure), et que *bc* soit un plan
cevant l'ombre. Si la lumière qui part de *a* est d'une seule couleur, par exemple,
: la couleur prismatique rouge,
ı lieu d'une ombre simple sur la
ıroi *bc*, il se projette une série de
ıes alternativement colorées et
ıscures, dont les premières ont la
ême teinte que le cône lumi-
ux. Si l'on rapproche beaucoup
ı corps le plan *bc*, l'ombre est
ıre, bien dessinée et sans lignes;
on l'éloigne, il se développe plus
ı moins de ces lignes. La ligne
édiane en *d* est colorée. Le phé-
omène des lignes claires et obscu-
s cesse aussitôt qu'on reçoit la
ımière sur l'un des bords d'une
rte, de manière qu'elle n'arrive
oint, de ce côté, jusqu'au plan *bc*.

Fig. 113.



Ceci prouve que le phénomène ne dépend pas de l'influence de la lumière sur
es bords, mais de l'action mutuelle des rayons qui passent au-devant des bords
pposés. Mais que ces rayons se rencontrent derrière la carte, c'est ce qui résulte
les lois de l'inflexion à laquelle la lumière est soumise, quand elle passe immédia-
ement au bord des corps. En effet, le bord de la carte au-devant duquel les rayons
passent les infléchit de la direction *ab* en celles de *g*, *f*, *e*, *d*. L'inflexion la plus
forte est celle des rayons les plus rapprochés du bord; elle diminue à mesure que
l'éloignement augmente, jusqu'à une certaine distance où les rayons reprennent la direction *a b*. L'inflexion de la lumière aux bords de la carte a donc pour effet la réunion de quelques uns des rayons partis du point *a*. Ces rayons ont la même longueur pour le milieu de l'ombre; mais leurs longueurs diffèrent pour les autres points de celle-ci; c'est ce qui arrive, par exemple, à ceux qui se réunissent en *e*, en *f*, en *g*. Or, comme l'image des rayons rouges infléchis qui émanent de *a* montre des lignes obscures alternant avec des lignes rouges, il suit de là que certains rayons de la lumière rouge, infléchis aux bords opposés de la carte, se sont complétement détruits par leur rencontre en des points du plan, qui, par cela même, paraissent obscurs, tandis que d'autres ne sont pas détruits et laissent paraître la couleur rouge.

On peut aussi démontrer le phénomène, comme l'a fait Fresnel, en se servant de deux miroirs inclinés l'un sur l'autre sous un très petit angle, pour amener à l'interférence des rayons lumineux émanés d'un point, de manière à remplacer par la réflexion ce qui, dans le cas précédent, était produit par l'inflexion.

L'explication de ce phénomène est facile à donner d'après la théorie de l'ondulation. La lumière rouge n'est point détruite au point *d*; là coïncident des rayons d'égale longueur de cette lumière, qui ont parcouru un nombre égal d'ondes depuis

a jusqu'à *d;* les rayons qui coïncident en *e*, *f*, *g*, ont des longueurs inégales, et ils ont parcouru un nombre inégal d'ondes jusqu'à leur rencontre. Tous ces rayons interférents d'inégale longueur, ou se détruisent, ou se renforcent. La différence de longueur des rayons qui coïncident en *e* peut être plus petite ou plus grande que la largeur d'une onde de la lumière rouge, laquelle onde se compose d'une partie condensée et d'une partie raréfiée. Si un rayon a parcouru jusqu'à *e* une onde entière de plus que l'autre pour arriver au même point, les deux ondes ne se troublent point, d'après les lois qui régissent tout mouvement ondulatoire, car la partie condensée de l'onde d'un rayon tombe en *e* sur la partie raréfiée de l'onde d'un autre rayon, ou la partie condensée de l'un sur la partie rarefiée de l'onde de l'autre, c'est-à-dire l'intumescence de l'une sur celle de l'autre, et la dépression de l'une sur celle de l'autre, comme dans la figure ci-contre. Il ne peut résulter de là qu'un renforcement du rayon réfléchi par le plan, puisque les intumescences et les dépressions des ondes se couvrent. La même chose arrivera si la différence des nombres des deux ondes est de trois, quatre, cinq, six ondes entières; car, dans ce cas, les intumescences coïncideront toujours avec les intumescences, et les dépressions avec les dépressions. Si, au contraire, l'un des rayons qui arrivent ensemble à un point n'a fait que la moitié d'une onde entière de plus que l'autre, ou si la dépression de l'un coïncide avec la moitié condensée ou l'intumescence de l'autre, comme dans la figure ci-jointe, la réfraction d'une des ondes et l'intumescence de l'autre se détruiront réciproquement, et le point paraîtra obscur. Si la différence des nombres des deux rayons est plus petite qu'une onde entière mais plus grande qu'une demi-onde, ou plus grande qu'une onde entière mais plus petite que deux, les mouvements de deux rayons se troubleront plus ou moins. On voit sans peine comment ces phénomènes devaient fournir l'occasion de trouver, à l'aide du calcul, la largeur des ondes lumineuses pour les différentes couleurs. Au reste, les lignes obscures et claires varient de situation suivant l'espèce de lumière colorée sur laquelle on expérimente.

Fig. 114.

Fig. 115.

Dans le cas dont il vient d'être question, les rayons lumineux amenés à l'interférence étaient la lumière colorée homogène qui partait d'un point. En se servant de la lumière blanche, on voit apparaître les phénomènes de coloration dont il s'agit pour notre but. Au lieu de bandes homogènes alternativement colorées et obscures, on en aperçoit qui brillent des couleurs homogènes les plus vives. L'explication de celles-ci a été donnée pour l'expérience précédente. Comme les ondes de chaque couleur contenue dans la lumière blanche ont une largeur inégale, chacune des principales couleurs de cette lumière aura ces bandes particulières, claires et obscures, diversement placées.

C'est du principe de l'interférence qu'il est le plus facile de dériver les couleurs qu'on observe dans les lames minces de corps à structure feuilletée, et sur les surfaces couvertes de sillons très fins. On sait que la surface antérieure ou la surface postérieure d'un corps transparent réfléchit de la lumière. Un rayon qui

rpendiculairement sur une mince lamelle transparente est réfléchi en
la face antérieure, en partie par la face postérieure; la dernière et la
partie de ce rayon coïncident ensemble dans la réflexion, et doivent
u à un phénomène d'interférence si la différence des distances qu'elles
t est très petite. La même chose arrive à des rayons qui tombent obli-
; car avec le rayon réfléchi par la face antérieure coïncide la partie de
autres rayons réfléchie par la face postérieure, et il y a là interférence.
ne aussi de cette manière les couleurs qui se remarquent sur des surfaces
striées; c'est donc là que se rapportent les irradiations des lamelles du
verre en feuille, des bulles de savon, de la nacre de perle, etc.
minant ces remarques, je donnerai les longueurs et la vitesse des ondes
s pour les diverses couleurs, telles que Herschel les a calculées d'après
mènes d'interférence.

LONGUEUR DES ONDES en IONIÈMES DE POUCE ANGLAIS.		NOMBRE des ONDES PAR POUCE.	NOMBRE de millions de vibrations par seconde.
lu rouge.	26,6	37640	458
lu rouge et de l'orangé.	24,6	40720	495
le l'orangé et du jaune.	23,5	42510	517
lu jaune et du vert. . .	21,9	45600	555
lu vert et du bleu. . .	20,3	49320	600
u bleu et de l'indigo. .	18,9	52910	644
e l'indigo et du violet. .	18,1	55240	672
u violet extrême. . . .	16,7	59750	727

CHAPITRE II.

De l'œil, comme appareil d'optique.

I. Construction optique de l'œil.

considérons la construction de l'œil quant à la sensation de la lumière en
t quant à la vue en particulier, nous pouvons distinguer trois formes
:

eux les plus simples, ou points oculaires, des vers et des animaux infé-
égard desquels on ignore si ces organes leur procurent plus qu'une sen-
érale de la lumière, c'est-à-dire leur permettent de distinguer autre
le jour et la nuit, la clarté et l'obscurité des lieux où ils se tiennent;
yeux des insectes et des crustacés, qui sont disposés en manière de
et pourvus de milieux transparents isolateurs de la lumière;
eux à milieux transparents qui réunissent la lumière.

A. Yeux simples, ou points oculaires, des vers et autres animaux inférieurs.

On peut démontrer que les yeux des insectes, des crustacés, des mollusques, sont pourvus des appareils transparents nécessaires pour séparer la lumière provenant de différents points des objets. En peut-on dire autant des points oculaires qui se voient chez les vers et autres animaux inférieurs ? Ces yeux sont-ils privés d'instruments optiques, et ne sont-ils pas destinés uniquement à distinguer la clarté et les ténèbres en général, le jour et la nuit? J'ai dit précédemment quels sont les animaux chez lesquels on les rencontre. La sangsue médicinale en a dix, qui sont disposés en demi-cercle à la face antérieure de la portion céphalique, au-dessus de la bouche. Suivant Weber, ils sont élevés au-dessus de la surface, comme une verrue, et ils se prolongent, à l'instar de cylindres, dans l'intérieur de l'animal. Leur extrémité est couverte d'une membrane convexe, transparente, au-dessus de laquelle se trouve une lame noire ; l'extrémité inférieure des cylindres est noire. On n'aperçoit ni pupille ni parties transparentes. Aucun appareil de ce genre ne se voit dans les yeux semi-circulaires de plusieurs planaires. J'ai étudié la structure des points oculaires chez les néréides. Dans le genre *Nereis* de V. Audouin et Edwards, il y en a quatre placés en carré sur la surface de la tête ; ils ne font aucune saillie, et sont simplement couverts par l'épiderme. Arrondis en arrière, plats du côté de la lumière, ils se composent d'une membrane noire, creusée en forme de godet, et d'un corps rond, blanc, opaque, contenu dans cette membrane, et qui se prolonge en un nerf optique. Les quatre nerfs optiques des quatre yeux se plongent, chacun à part, dans la face supérieure du cerveau. Nous avons donc, chez cet animal, des yeux sans appareils optiques transparents. Le renflement logé dans la choroïde est accessible à la lumière; car la choroïde manque du côté externe, et présente là une ouverture circulaire. Mais ce renflement paraît n'être que l'extrémité en forme de papille du nerf optique, puisqu'elle a la même apparence que lui, et qu'elle se continue manifestement avec lui. Il est vrai que la néréide avait séjourné auparavant dans l'alcool; mais, malgré cette immersion, les parties transparentes des yeux des insectes, des arachnides et des mollusques, conservent leur translucidité (1). Rathke (2) a également observé, dans la *Nereis Dumerilii*, une échancrure en forme de pupille à la choroïde. Cet anatomiste décrit encore une forme d'yeux appartenant au genre Lycoris, de la même famille des néréides; la pupille manquait, et la choroïde entourait l'œil entier. Ici on peut bien moins encore admettre la faculté de distinguer les formes, et tout au plus doit-on supposer celle de distinguer vaguement la lumière et l'obscurité, au moyen de la lumière qui peut traverser l'enduit pigmentaire. R. Wagner (3), qui a reconnu, sur les néréides fraîches, le renflement papilliforme du nerf optique et l'absence de tout organe transparent, croit avoir aperçu, chez de très jeunes sangsues médicinales, des parties transparentes, une sorte de cristallin logé dans la région antérieure d'un corps vitré en forme de cloche et couvert d'un pigment

(1) Mueller, dans *Ann. des sc. nat.*, t. XXII, p. 19.
(2) *De Bopyro et Nereide.* Riga, 1837.
(3) *Vergleichende Anatomie*, t. I, p. 428.

anuleux rouge peu adhérent. Ce qu'il y a de certain, c'est que, parmi les animaux de la famille des néréides, les uns ont une pupille sans organes transparents térieurs, et les autres n'ont pas même de pupille. Nous sommes donc autorisé penser qu'ils ne peuvent que distinguer d'une manière très générale la clarté s ténèbres.

L'existence de véritables organes visuels dans un genre de néréides sans pulle, avec un enduit pigmentaire couvrant entièrement l'œil, et l'analogie de cet gane avec les yeux d'autres néréides qui ont une pupille, rend probable que la culté de sentir la lumière s'exerce aussi chez d'autres animaux inférieurs qui ont s points oculaires noirs ou de couleur foncée, dans lesquels cependant on n'aperit pas de pupille. Parmi les vertébrés, on ne connaît qu'un seul exemple d'yeux ns appareils optiques. J'ai trouvé dans la *Myxine glutinosa* un petit œil logé, on seulement sous la peau, mais même sous les muscles, tandis que l'œil des dellostomes, voisins de ces animaux, est situé à la surface. L'œil de la myxine e renferme pas de cristallin; on n'y trouve qu'un corps qui le remplit en entier, t qui ressemble plutôt à un bulbe du nerf optique qu'à un corps vitré. Quoique œil soit couvert de muscles, cependant la faculté de sentir la lumière peut ne s manquer tout à fait, puisque nous voyons la lumière à travers l'épaisseur es doigts et d'os entiers. Ces animaux ne peuvent donc que distinguer le jour de i nuit.

B. Yeux composés, ou à mosaïque, des insectes et des crustacés.

Les yeux composés des insectes et des crustacés (1) sont des segments de sphère lus ou moins grands, immobiles chez les insectes, mobiles sur des pédicules hez les décapodes, parmi les crustacés, et chez quelques autres encore. Le nerf ptique se renfle dans leur intérieur en une grosse sphère ou en un segment de phère, de la surface de laquelle s'élèvent des milliers de fibres primitives nerveuses, qui se dirigent comme autant de rayons vers la superficie de l'organe. Cependant ces fibres n'arrivent point jusqu'à l'épiderme transparent. Entre leurs xtrémités et la cornée transparente, se trouvent des cônes transparents, également dirigés, en forme de rayons, vers la face interne de la cornée, et dont les ases se réunissent avec cette face, tandis que les sommets embrassent les extrémités des fibres du nerf optique. La longueur des cônes varie beaucoup suivant es espèces; la plupart du temps, ils sont cinq à six fois aussi longs que larges, omme chez la majeure partie des coléoptères et chez les lépidoptères; rarement ont-ils fort courts: leur longueur dépasse à peine leur largeur chez les mouches, armi les diptères. La cornée des insectes et des crustacés décapodes est également livisée en façon de mosaïque; chaque petite division, appelée facette, correspond i un cône transparent, avec lequel elle est unie, et à une fibre du nerf optique. Les facettes, hexagones chez les insectes, ont rarement cette forme chez les crustacés, où presque toujours elles sont carrées, quoique les divisions ne puissent

(1) *Voy.*, à ce sujet, Marcel de Serres, *Mémoire sur les yeux composés et les yeux lisses des insectes*. Montpellier, 1813. — Mueller, *Zur Physiologie des Gesichtssinnes*. Leipzick, 1826. — *Ann. des sc. nat.*, t. XVII, p. 225, 365. — Continuation, dans Meckel's *Archiv*, 1829, 38, 177. — F. Will, *Beitræge zur Anatomie der zusammengesetzten Augen mit facettirten Hornhaut*. Leipzick, 1840. — Le même, dans Mueller's *Archiv*. 1843. p. 349.

avoir lieu ici par des lignes droites, et que la convexité de la surface de l'œil fasse qu'elle doive être opérée par des lignes courbes. Il est rare que les facettes soient un peu élevées à l'extérieur et à l'intérieur, c'est-à-dire lenticulaires, comme chez les lépidoptères; en général, la surface en est assez plane; elles ont même quelquefois une épaisseur considérable, par exemple chez les orthoptères et les coléoptères. La ressemblance entre leurs faces antérieure et postérieure fait qu'on doit attendre peu de chose de leur action sur la lumière en général: aussi ai-je constaté qu'elles manquent chez un grand nombre de crustacés, notamment chez les entomostracés, où néanmoins les cônes transparents existent également. Dans ce cas, la surface de la cornée est parfaitement plane, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur; là seulement aussi les bases des cônes sont arrondies, au lieu d'être unies, comme elles le sont d'ordinaire, avec les facettes de la membrane. Entre les cônes transparents, et même entre les fibres du nerf optique, il y a du pigment, tantôt clair, tantôt foncé, noirâtre, violet foncé, bleu foncé, purpurin, brun, jaune brun, jaune clair, vert, etc. Quelquefois ce pigment forme plusieurs couches superposées, de couleur diverse. Il s'élève jusqu'à la cornée, entre les cônes, dont parfois même il couvre la face antérieure, ou la base, en n'y laissant, dans le milieu de chacun, qu'une ouverture pupillaire, qui devient surtout apparente lorsque les cônes sont fort courts, comme chez les diptères. Dans d'autres cas, les bases des cônes sont tout à fait libres de pigment, qui ne garnit que les points d'intersection des facettes. Chez les crustacés inférieurs, dont la cornée n'a point de facettes, les corps transparents en forme de cônes ont leur sommet et la plus grande partie de leur longueur engagés dans le pigment, tandis que leurs extrémités arrondies en sont dépourvues, et regardent la face interne lisse de la cornée. Au reste, le nombre des facettes et des cônes varie beaucoup : la plupart du temps il est très considérable, et s'élève à plusieurs milliers, par exemple à douze et vingt mille dans un seul œil; rarement y en a-t-il peu, comme chez certains entomostracés. L'union entre les fibres du nerf optique et les cônes a été étudiée d'une manière spéciale par R. Wagner. Chez les insectes, les fibres se prolongent en forme de gaînes sur les côtés du cône: or, comme, chez les animaux supérieurs, les fibres nerveuses se composent d'un tube et d'un contenu, on peut présumer que ce sont principalement les tubes qui forment ces gaînes (1).

J'ai déjà dit que les yeux d'un grand nombre de crustacés n'ont pas de facettes à la cornée, et que les bases de leurs cônes sont arrondies. C'est pourquoi j'ai admis, dès 1829, deux modifications principales des yeux composés. Mais il en existe une troisième, qui a été remarquée par Edwards, Burmeister et moi, chez plusieurs crustacés. C'est celle dans laquelle, outre les corps en forme de cônes, il s'en trouve encore de lenticulaires entre la cornée et les cônes; ces lentilles doivent rassembler les rayons lumineux qui tombent sur elles, et les incliner vers les axes des cônes. Edwards a observé cette disposition dans les callianasses, chez beaucoup de brachyures, en particulier le *Cancer maculatus*, enfin dans l'*Amphitoe*, et plusieurs edriophthalmes (2). J'ai vu aussi des lentilles dans les facettes de la cornée de l'*Hyperia*. Suivant Burmeister, le *Branchiopus paludinus* en pos-

(1) *Voy.* Wiegmann's *Archiv*, 1835, t. I, p. 372. — Mueller's *Archiv*, 1836, p. 613.
(2) *Hist. nat. des crustacés*. Paris, 1837, t. I, p. 116.

e également, dont l'axe longitudinal est plus long que le transversal (1). Quelques
s de ces animaux, comme l'*Amphytoe* et plusieurs edriophthalmes, l'*Hyperia*
e *Branchiopus*, ont deux cornées : l'externe est lisse, et l'interne à facettes ou
êtrée, de telle sorte que les lentilles se trouvent derrière les fenêtres, comme
ns le *Branchiopus*.

On peut donc établir les modifications suivantes des yeux à facettes.

1° Yeux composés dont la cornée présente des facettes, et qui sont pourvus
cônes transparents, sans lentilles : les insectes et la plupart des crustacés
apodes.

a. A facettes simples de la cornée.

b. A fortes saillies lenticulaires sur la face interne des facettes : *Meloe*.

2° Yeux composés dont la cornée est lisse et sans facettes.

a. Avec des corps transparents coniques, arrondis à leur base, sans lentilles,
phnia, *Apus*, *Gammarus*, *Cyamus*, etc.

b. A bases des cônes soudées avec la cornée : *Limulus*.

3° Yeux composés ayant des lentilles au-devant des corps coniques transparents.

a. A cornée présentant des facettes : *Callianassa* et beaucoup de brachyures
(*cancer maculatus*).

b. A cornée lisse en dehors et présentant des facettes en dedans : *Amphytoe*, plu-
urs edriophthalmes, *Hyperia*.

c. A cornée lisse en dehors et fenêtrée en dedans : *Branchiopus*.

4° Agrégations d'yeux simples, dont chacun contient les parties essentielles des
ux simples, savoir une lentille et un corps vitré sphérique : plusieurs isopodes,
sque *Cymothoe*, et les insectes myriapodes, *Iulus*. Cette disposition fait le pas-
ge des yeux à mosaïque sans lentilles à l'organe visuel pourvu d'une lentille qui
semble les rayons lumineux.

Yeux simples des insectes, arachnides, crustacés et mollusques, avec des milieux dioptriques réunissant les rayons lumineux (2).

1. Yeux simples renfermant une lentille.

1° *Arachnides*. Les yeux des arachnides sont construits d'après le même prin-
e que ceux de l'homme et des animaux vertébrés. Derrière la cornée se trouve
cristallin sphérique, et derrière celui-ci un corps vitré. La choroïde forme un
eau noir autour du cristallin. La plupart des arachnides ont plusieurs de ces
ux : le scorpion, par exemple, en a deux sur le dessus de la tête, et son plus
it au bord antérieur de celle-ci : j'en ai même compté dix au bord antérieur
la tête dans le *Scorpio tetet* du cap de Bonne-Espérance, et dans le *Scorpio*
identalis.

2° *Crustacés*. Chez ces animaux, les yeux pourvus de milieux dioptriques pro-
s à rassembler les rayons lumineux, ou de cristallins, sont rares : lorsqu'on en
contre, ils existent de concert avec des yeux à mosaïque. On les nomme ordi-

(1) Mueller's *Archiv*, 1835, p. 529; 1836, CII.

(2) *Voy.* Mueller, *Ann. des sc. nat.*, t. XVII, p. 232, et t. XXII. — Meckel's *Archiv*, 1829,
8 et 208.

[illegible] de ces derniers [illegible] Poly[illegible] de ses yeux composés.

[illegible] contenant un cristallin [illegible] à mosaïque. Le premier cas est celui de [illegible] quatre yeux de chaque côté [illegible] Les larves des [illegible] yeux simples, sans yeux composés ; il y en a deux chez les [illegible] de chaque côté. [illegible] larves des [illegible] celles des abeilles [illegible] en général [illegible] insectes parfaits ont deux ou trois yeux simples [illegible] sont les orthoptères, les hémiptères, les [illegible] crépusculaires et nocturnes. D'après mes recherches [illegible] ces animaux ne diffèrent pas, pour la structure, de ceux des [illegible] renferment un cristallin rond, placé immédiatement [illegible] et peut-être une substance comparable au corps vitré [illegible] yeux sont alignés en travers, comme l'un de ceux de la *Scolopendra* [illegible] de ceux qui sont disposés en cercle de chaque côté de la [illegible] larves du *[illegible]* [illegible] en pareil cas, le cristallin a aussi une forme [illegible].

[illegible] yeux simples des insectes ne sont probablement destinés qu'à la vision des [illegible] C'est ce qu'on peut déduire de ce qu'ils existent surtout chez les larves et les insectes privés d'ailes. Plusieurs observations que j'ai faites sur la situation de ces organes mènent aussi à la même conclusion. Dans le *grill[illegible]* [illegible] quand l'animal marche, apercevoir [illegible] de la tête. Dans la *Locu[illegible]* [illegible] au-dessus de l'avance de la tête. Il en est de même chez [illegible] le troisième œil simple est [illegible] il en est de même chez la plupart des grillons [illegible]. Chez le *Gryllus lithograph[illegible]* [illegible] est tout à fait caché dans une gouttière, entre les antennes, de sorte que son champ visuel doit être fort rapproché et peu étendu. Les yeux simples de [illegible] sont à peine perceptibles à la base des antennes, [illegible] dans leur articulation avec la tête. En général, l'inclinaison de la tête des [illegible]ptères fait que leurs yeux simples se dirigent principalement vers le bas, c'est-à-dire vers le sol sur lequel l'animal court. Chez la plupart des hyménoptères, au contraire, ils sont tournés plus en arrière, par exemple dans les genres *Mutilla*, [illegible], *Leucopsis*, *Sirex*, *Ichneumon*, *Chrysis*, *Lasius*, etc. Je crois donc pouvoir conclure que, chez les insectes, ces organes sont plus particulièrement destinés à la vue myope. Il y a entre eux et les yeux composés le même rapport qu'ont les palpes et les antennes. Les antennes et les yeux composés manquent aussi aux larves.

3° *Mollusques.* Des organes visuels construits d'une manière analogue à ceux des arachnides et des insectes se rencontrent chez beaucoup de mollusques, notamment dans l'ordre entier des gastéropodes. Ils renferment aussi un cristallin et des traces plus ou moins sensibles de corps vitré. A l'œil nu, ils représentent

ux points noirs placés soit à l'extrémité des tentacules, soit dans leur milieu, sur côté externe, soit enfin à leur base. Dans le genre *Helix*, ils sont à l'extrémité s grandes cornes, un peu de côté. En général, ils ont une choroïde en manière godet, qui forme ceinture en devant, un cristallin, et un corps vitré, comme nnvait déjà Swammerdam. Le *Murex tritonis* possède au moins un des milieux fringents, un grand corps transparent arrondi. Autrefois on avait méconnu le erf optique des limaçons; on prenait pour tel le grand nerf du tentacule, qui ppartient à la sensibilité tactile; le nerf optique est beaucoup plus grêle; quoi-'il semble être une branche du précédent, on parvient néanmoins à l'isoler jus-'au cerveau. L'organe visuel des limaçons ne paraît être propre qu'à la vision 'objets très rapprochés; l'*Helix pomatia* n'évite aucun des objets qu'on lui résente, à moins qu'ils ne soient qu'à deux ou trois lignes de distance de son ntacule.

Les yeux des céphalopodes contiennent toutes les parties essentielles de ceux des nimaux supérieurs, même l'iris et le corps ciliaire.

2. *Agrégation d'yeux simples.*

On peut appeler ainsi les organes visuels de quelques animaux qui offrent la réunion d'un grand nombre d'yeux simples en une masse, dans laquelle cependant chacun d'eux a la structure des yeux simples des arachnides et des mollusques, c'est-à-dire qu'il est construit d'après le même plan que celui des animaux supérieurs. J'ai trouvé de tels yeux chez quelques insectes, les iules, et chez divers crustacés, par exemple les cymothoës. La surface de l'œil de ces animaux offre des convexités dont le nombre correspond à celui des yeux agrégés. Près de quarante yeux peuvent ainsi être réunis en une seule masse. Derrière chaque cornée se trouve un cristallin arrondi, et derrière celui-ci un corps vitré également arrondi, qui est entouré par la rétine et la choroïde. Les agrégations d'yeux simples font le passage aux yeux composés à mosaïque qui renferment des cristallins, en outre de leurs corps coniques.

D. Œil de l'homme et des animaux vertébrés.

Ce n'est point ici le lieu d'exposer la structure des diverses parties de l'œil, et d'entrer dans les détails de l'anatomie générale de cet organe (1). Nous devons nous contenter d'indiquer les dispositions principales, celles qui ont le plus d'importance pour l'optique, et les différences les plus essentielles qu'on rencontre dans les diverses classes.

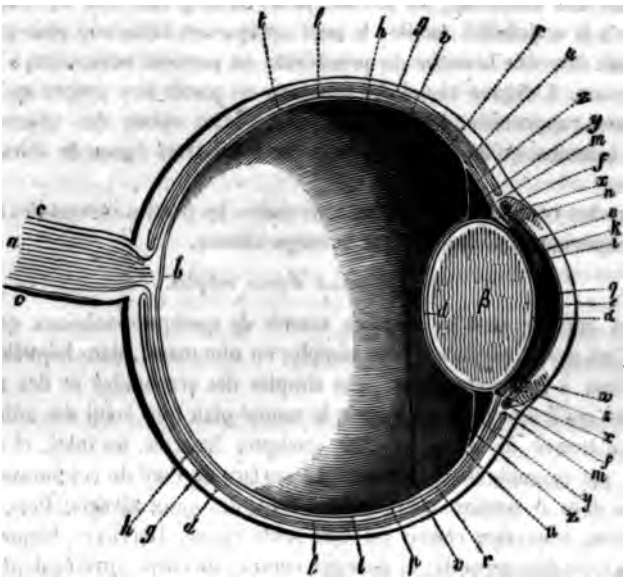
1. *Entourage de l'œil. Paupières.*

Tantôt il n'y a point de paupières, et la peau passe tout simplement sur l'œil, comme chez certains poissons et plusieurs reptiles nus, tels que les protéides et les pipa; tantôt la peau forme des paupières. Mais la paupière peut aussi être simple ou double; elle peut même ne former qu'une ceinture circulaire, avec une ouver-

(1) Zinn, *Descriptio anatomica oculi humani*. Göttingue, 1780, in-4°. — Sœmmerring, *Description figurée de l'œil humain*, traduit par Demours. Paris, 1818, in-4°, fig. — Giraldès, *Études anatomiques, ou Recherches sur l'organisation de l'œil*. Paris, 1836, in-4°. — Delle-Chiaje, *Osservazioni anatomiche sull occhio umano*. Napoli, 1838, in-4°. — Pappenheim, *Spécielle Gewebelehre des Auges*. Breslau, 1842.

ture centrale, comme chez le caméléon. Aux paupières ordinaires se joint, chez plusieurs animaux, la membrane nictitante, dont on aperçoit déjà un vestige chez les mammifères, qui acquiert son plus grand développement chez les oiseaux et les reptiles écailleux, et dont on retrouve des traces, parmi les poissons, chez plusieurs squales (1). La membrane nictitante des oiseaux, qui est transparente, peut

Fig. 116.



être ramenée du côté interne de l'œil vers la surface antérieure de cet organe, au moyen d'un appareil musculaire particulier, qui dépend du nerf abducteur. Parmi les squales, elle existe dans les genres *Carcharias* et *Galeus*, et manque dans les genres *Scyllium*, *Lamna*, *Selache*, *Alopecias*, *Notidanus*, *Spilax*, *Centrina*, *Scymnus*, etc.

Une disposition voisine de celle-là est celle qu'on observe chez quelques sauriens de la famille des scincoïdes, dont la paupière inférieure est comme cornée et transparente, de sorte que, même quand elle couvre l'œil, elle n'empêche pas l'animal de distinguer les objets. Une autre toute particulière est la capsule immobile située au-devant de l'œil des ophidiens. Chez ces animaux, les paupières sont remplacées par une capsule transparente, qui adhère par sa circonférence entière

(1) La figure 116 représente, d'après Arnold, la coupe verticale de l'œil gauche, deux fois et demie plus grande que nature : *a* nerf optique ; *b* papille du nerf optique ; *c* gaine du nerf optique ; *d* sclérotique ; *e* cornée ; *f* canal de Hovius ; *g* lame externe de l'arachnoïde ; *h* lame interne de l'arachnoïde ; *i* partie antérieure de la membrane de l'humeur aqueuse ; *k* partie postérieure de cette membrane ; *l* choroïde ; *m* ligament ciliaire ; *n* procès ciliaires ; *o* iris ; *p* pupille ; *q* rétine ; *r* lame ciliaire de la rétine ; *s* sommets des plis de la rétine ; *t* membrane hyaloïde ; *u* zonule de Zinn ; *v* bord ondulo-denté ; *w* sommets des plis de la zonule ; *x* union de la zonule avec la capsule du cristallin ; *y* canal de Petit ; *z* paroi postérieure de ce canal ; α capsule du cristallin ; β cristallin.

peau, dont elle est un prolongement aminci. Cette capsule se compose de trois es superposées : une extérieure, continuation de l'épiderme, et qui par conséent se détache à l'époque de la mue ; une médiane, qui se continue avec le me, et une interne, qui correspond à la conjonctive palpébrale ; celle-ci prot, comme à l'ordinaire, la conjonctive oculaire, en se réfléchissant sur elleme. Entre la capsule et le pourtour extérieur de l'œil règne un vide, dans leel parviennent les larmes, qui peuvent s'écouler, comme de coutume, à travers le canal lacrymal. Cette acture a été découverte par Cloquet. On la trouve même z les serpents dont l'œil est ivert d'une peau épaisse, tels e les amphisbènes et autres ; l'ai constatée aussi chez un mmifère, le *Spalax typhlus*, ut les yeux semblent couverts me épaisse peau velue, aussous de laquelle la conjonctive me cependant un petit sac. rmi les sauriens, qui d'ailleurs t des paupières, il en est, les ckos, dont les yeux présent cette particularité remarable, qu'ils sont, comme ceux des ophidiens, recouverts d'une capsule transrente.

Fig. 117.

Les organes lacrymaux manquent chez les cétacés, les reptiles nus et les poiss (1).

2. *Tuniques de l'œil.*

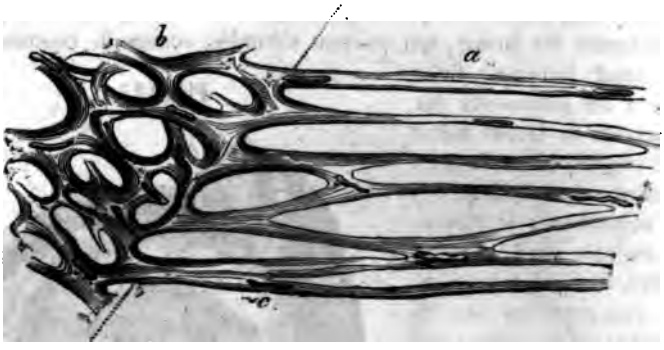
La sclérotique a, chez beaucoup d'animaux, de la tendance à se cartilaginifier et 'ossifier. Chez les oiseaux, les chéloniens, les sauriens, sa partie antérieure offre, our de la cornée, un anneau composé de petites lames osseuses, qui tantôt se ouvrent à la façon des tuiles d'un toit, et tantôt sont placées les unes à côté des res. La sclérotique des poissons renferme presque toujours deux grandes ques cartilagineuses.

La choroïde est séparable, chez les animaux, en deux feuillets, la choroïde proment dite, et une membrane interne, appelée ruyschienne. Dans les poissons, euillet externe est la plupart du temps argenté, et l'interne couvert de pigment. tre eux deux se trouve, en arrière, autour de l'entrée du nerf optique, un corps forme de fer à cheval et recevant beaucoup de sang, qu'on nomme glande oroïdienne. Le cercle ciliaire, fibreux chez l'homme et les mammifères, paraît

(1) **Figure 117.** Vue de la surface conjonctivale des paupières. Les glandes de Meibomius t vues courant vers les bords des paupières : *l*, la glande lacrymale écartée avec les paupières ; rifices de ses sept conduits sur la conjonctive ; à l'extrémité interne des bords des paupières voit les orifices des points lacrymaux ; *o*, *o*, muscle orbiculaire au delà des paupières. De mmerring.

être musculaire chez les oiseaux (1). La face interne de la choroïde est couverte, chez tous les animaux, d'une membrane pigmentaire, qui se compose de cellules aplaties, souvent hexagones, contenant les grains de pigment. Il n'y a point de

Fig. 118.



pigment dans ces cellules chez les albinos. Le pigment manque aussi, chez plusieurs animaux, sur certains points de l'œil, qui paraissent blancs ou doués de l'éclat métallique (tapis). Le tapis des ruminants, situé à la partie inférieure externe de l'œil, offre bien des cellules, mais il n'y a point de pigment dans celles-ci. Les couleurs métalliques paraissent dépendre d'un phénomène d'interférence dû à la structure de la choroïde, et non d'une couleur matérielle : aussi disparaissent-elles par la dessiccation. Mais le tapis entièrement blanc des carnassiers, qui forme, au fond de leur œil, une tache triangulaire bien délimitée, doit sa teinte à une couleur particulière, et ne la perd point en se desséchant. Les tapis des animaux réfléchissent déjà un minimum de lumière, qui tombe dans l'œil, et ils sont cause, par cela même, que les yeux de ces animaux brillent, non pas dans l'obscurité, comme on le prétend, mais pour peu qu'ils reçoivent une très petite quantité de lumière.

Le corps ciliaire n'existe plus chez les poissons, à un petit nombre d'exceptions près. On trouve là un prolongement falciforme, qui passe à travers une fente de la rétine, et s'attache au bord du cristallin, lequel est en même temps retenu dans sa situation par l'organe appelé *campanula Halleri*.

L'iris est mobile chez la plupart des animaux : il a peu ou point de mobilité chez les poissons osseux. Dans le cheval, le narwal, le lama et les raies, il offre un appendice en forme de voile au bord supérieur de la pupille. Celle-ci est tantôt ronde, tantôt allongée, soit en travers, comme chez les ruminants, soit en long, comme chez les chats et le crocodile ; tantôt triangulaire, comme dans le *Bufo igneus*, etc. Aux oiseaux appartient en propre le peigne, pli pyramidal et couvert de pigment, qui naît de la choroïde, traverse le corps vitré, et se dirige vers le bord

(1) Figure 118. Section verticale de la sclérotique et de la cornée, montrant la continuité de leur tissu : *a*, cornée ; *b*, sclérotique. Dans la cornée les espaces tubulaires, dans la sclérotique les aréoles irrégulières se voient coupés en travers. Des noyaux de cellules, comme à *c*, se montrent dispersés çà et là ; l'acide acétique les a rendus plus visibles. Grossissement, 320 diamètres. — (Todd and Bowman, *The phys. Anat. and Phys.*, part. III, p. 48.)

stallin. Cet organe est situé à la partie postérieure et externe de l'œil ; il existe ous les oiseaux. Les sauriens en ont un vestige, et peut-être doit-on y rep- aussi le procès falciforme des poissons (1).

Fig. 119.

3. *Parties transparentes de l'œil.*

texture fibreuse du cristallin a été décrite ailleurs. Les champs dans lesquels bres dentelées sont disposées varient beaucoup suivant les classes et les s (2). Au point de vue chimique, le cristallin est composé d'une substance ineuse, contenant un peu de fer. Ses couches internes sont toujours plus s que les externes ; dans les poissons, elles ont une dureté extraordinaire, ne cartilagineuse. Le cristallin est toujours plus convexe chez les animaux iques que chez les animaux aériens ; il a une forme sphérique chez les pois- et celui des seiches est même allongé dans le sens de l'axe de l'œil. En re- , la cornée des animaux aquatiques est beaucoup moins bombée que celle des ux aériens : une cornée convexe ne servirait à rien aux premiers, puisque la nce réfringente de l'humeur aqueuse diffère très peu de celle du liquide au duquel ils vivent, tandis que les rayons lumineux subissent une réfraction érable en traversant la cornée et l'humeur aqueuse des animaux qui vivent 'air. Cette réfraction est compensée, chez les animaux aquatiques, par la

Figure 119. Choroïde et iris mis en vue par l'écartement de la sclérotique : *c*, *c*, nerfs s se ramifiant dans l'iris ; *d*, nerf ciliaire plus petit ; *e*, *e*, *vasa vorticosa* ; *h*, ligament ci ciliaires ; *k*, fibres convergentes du plus grand cercle de l'iris ; *l*, forme entortillée de qui sont près de la pupille, avec les fibres convergentes du cercle plus petit de l'iris ; *o* le stique. De Zinn.

Brewster, dans *Philos. Trans.*, 1830.

grande convexité du cristallin. La moitié antérieure du cristallin des poissons fait saillie dans la chambre antérieure de l'œil, à travers la pupille.

C'est dans la structure de ces organes qu'on observe les différences les plus remarquables chez les animaux.

b. Nerf optique et rétine.

Le nerf optique se compose toujours de fibres primitives ayant la même organisation que celles du cerveau. Ces fibres sont très déliées, beaucoup plus que celles d'aucun autre nerf. Tantôt le nerf optique entier a une structure simplement fibreuse, comme chez l'homme; tantôt les fibres se disposent en feuillets sur certains points, le chiasma, par exemple, de manière que les feuillets de l'un des nerfs se glissent entre ceux de l'autre, comme chez les oiseaux et les reptiles; tantôt, enfin, le nerf entier est membraneux dans son trajet du cerveau à l'œil, disposition que Malpighi avait constatée chez l'esturgeon, et qui paraît être générale chez les poissons. Si l'on ouvre la gaîne du nerf, celui-ci se montre sous l'aspect d'une membrane plissée en manière d'éventail, et la rétine semble ne provenir que de son déploiement (1), ce qui d'ailleurs s'accorde parfaitement avec la construction de la rétine des poissons, car cette membrane offre encore deux bords libres, attendu qu'elle est fendue depuis sa partie antérieure jusqu'au fond de l'œil.

L'union que les nerfs optiques contractent l'un avec l'autre, après leur origine, mérite de fixer l'attention. On peut distinguer, à cet égard, les formes suivantes:

1° Conformation des poissons osseux. Ici les deux nerfs sont unis, après leur origine, par une étroite commissure transversale; après quoi ils se croisent, sans entremêler leurs fibres, et vont se rendre, le droit à l'œil gauche, le gauche à l'œil droit.

2° Conformation des poissons cartilagineux. Les nerfs ne se croisent pas, comme chez les poissons osseux; ils sont unis intimement par une commissure, dont on ne connaît pas la structure intime. Cette conformation se rapproche beaucoup du chiasma des animaux supérieurs.

3° Chiasma des reptiles et des oiseaux. Il ressemble extérieurement à celui des mammifères; mais sa texture est lamelleuse; les feuillets d'un des nerfs se glissent entre ceux de l'autre, en se croisant, comme font les doigts de la main lorsqu'on les entrecroise. On ignore encore si toutes les fibres participent à cette décussation, ou s'il y en a un certain nombre qui continuent de marcher du même côté.

4° Chiasma des mammifères et de l'homme. Là, point de structure lamelleuse. Les fibres des deux nerfs éprouvent une décussation partielle dans le chiasma; celles qui ne se croisent pas continuent de marcher du même côté. Cette conformation est plus facile à apercevoir chez les animaux que chez l'homme. Dans le cheval, la partie supérieure externe des fibres d'une des racines du nerf optique se rend à l'œil du même côté; les autres fibres croisent et vont gagner le nerf optique de l'œil opposé (2).

(1) Mueller, *Physiologie des Gesichtsinnes*, tab. III, fig. 19.
(2) Mueller. *Physiologie des Gesichtsinnes*, tab. II, fig. 4, 5.

La structure intime de la rétine (1) a été déterminée dans ces derniers temps

Fig. 120.

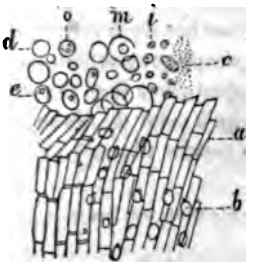
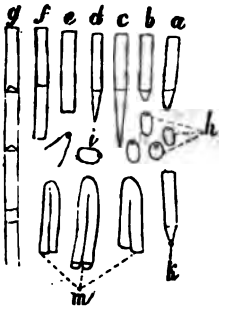
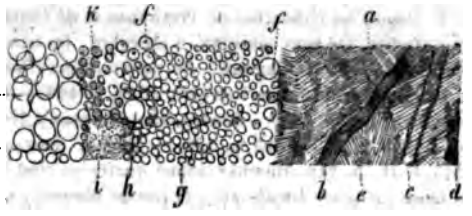


Fig. 121.



r une découverte de Treviranus (2) et par les observations de Gottsche (3). Cette mbrane se compose de trois couches principales : une externe pultacée ou gra-leuse, une médiane formée de fibres nerveuses, et une interne formée de cy-dres, qui sont la continuation la couche fibreuse. Le nerf tique se divise en cylindres rveux, qui s'épanouissent en ronnant dans la couche mé-ne ou fibreuse. Chaque cy-dre nerveux ou chaque fais-au de cylindre s'écarte, sui-nt Treviranus, de la direction rizontale à un certain point son trajet, et se dirige vers le côté interne de la rétine, où il se termine en manière papille. Le diamètre transversal des cylindres était de 0,001 millimètre chez le risson ; celui des papilles de 0,0033 chez le lapin, et de 0,002 à 0,004 chez les eaux. Dans la grenouille, il est de 0,0044 pour les cylindres, et de 0,0066 pour papilles. Examinée à l'état frais, la rétine offre sur sa face interne, dans toutes classes d'animaux vertébrés, de petits cylindres, pressés les uns contres les autres, nt les extrémités regardent l'intérieur de l'œil. Ces cylindres se détachent facile-ent, et flottent alors librement dans le champ du microscope. Chez les poissons, ils nt pourvus de petits renflements ou de papilles, dont Gottsche a donné la descrip-n. Les extrémités des cylindres nerveux à la face interne de la rétine ne peuvent

Fig. 122.



(1) La figure 120 représente, d'après Mandl, une portion de la rétine de la grenouille : *a b* cy-dres, appelés aussi bâtonnets ou baguettes ; *c d i m o* substance corticale de la rétine. — gure 121 : *a b e f g h i k* formes différentes des bâtonnets simples ; *m* cônes jumeaux. — gure 122. Aspect général de la rétine des mammifères (lapin, veau, bœuf, homme) : *a* bâtonnets nples ; *b* fibres du nerf optique ; *c* vaisseau sanguin ; *d* pigment ; *e* tourbillons probablement tificiels ; *f* corpuscules gris ; *g* les mêmes, très petits, sans noyau ; *h l* substance blanche morphe ; *i* substance grise amorphe ; *k* corpuscules produits par la coagulation amorphe.

(2) *Beitræge zur Aufklaerung des organischen Lebens.* Brême, 1835.

(3) Dans Pfaff, *Mittheilungen aus dem Gebiete der Medicin*, 1836, cah. 3, 4, p. 40 ; h. 5, 6, p. 11.

être étudiées qu'à l'état frais; après la mort, elles s'altèrent d'une manière rapide, et il suffit de quelques heures, surtout en été, pour qu'on ne puisse plus rien distinguer de la texture de la membrane; on n'aperçoit plus alors, au lieu de cylindres, qu'une couche grenue, qui est celle qu'avaient signalée les anciens anatomistes. Quelque certain qu'on soit de l'existence des trois couches de la rétine, et de celle des cylindres dans la plus interne de toutes, on ne s'explique pas bien la connexion de ces corps avec la couche fibreuse, ni la manière dont elle a lieu. On se demande surtout si le nombre des cylindres ne correspond qu'à celui de fibres nerveuses, ou s'ils sont implantés en séries sur les fibres de la couche fibreuse (1).

II. Théorie de la vision, d'après la structure des yeux.

La théorie de la vision est différente : 1° suivant que l'œil se compose de cônes transparents rayonnés, dont les parois sont couvertes de pigment, et qui ne laissent parvenir aux fibres du nerf optique placées au fond du cône que la lumière tombant dans l'axe de celui-ci, comme chez les insectes et les crustacés à yeux composés; 2° suivant que l'œil possède des moyens dioptriques de réunir la lumière, une cornée avec ou sans humeur aqueuse, un cristallin et un corps vitré, comme les

(1) Depuis les recherches de Treviranus et de Gottsche, la structure de la rétine a été beaucoup étudiée. On peut consulter, à cet égard, les travaux de A. Michaelis, dans Mueller's *Archiv*, 1837. — B. Langenbeck, *De retina observationes anat. et pathol.* Gœttingue, 1836. — R. Remak, dans Mueller's *Archiv*, 1839, p. 165. — B.-M. Lersch, *Diss. de retinæ structura microscop.* Berlin, 1840 — Bidder, dans Mueller's *Archiv*, 1839, 1841, p. 348. — A. Hannover, *ibid.*, 1840, p. 320; 1843, p. 288. — Henle, *Anat. gén.*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1843, t. II, p. 240. Huschke admet quatre ou cinq couches à la rétine, savoir : la membrane de Jacob (*stratum bacillosum*), la couche fibreuse (*stratum fibrillosum s. vasculoso-nerveum*), formée par les fibres primitives du nerf optique, la couche de globules (*stratum globulosum*), la couche granuleuse et la couche vasculeuse. (*Encyclopédie anatomique*, trad. par A.-J.-L. Jourdan, t. V, p. 653.)—Mandl (*Anatomie microscopique*, p. 105) a trouvé dans la rétine, outre tous les éléments de la substance grise du cerveau, des vaisseaux sanguins, les fibres très déliées du nerf optique, et les éléments particuliers, appelés bâtonnets, qui forment la partie externe de la membrane. Il désigne les premiers de ces éléments sous le nom de *substance grise*, les bâtonnets et le nerf optique sous celui de *substance blanche*. Les vaisseaux appartiennent de préférence à la première. La partie de la rétine la plus rapprochée du corps vitré, ou la substance grise, se compose de substance grise amorphe, de granules formés soit par coagulation, soit par développement de substance blanche amorphe et de corpuscules gris; ces divers éléments sont placés comme dans la substance corticale du cerveau. La couche qu'ils forment s'étend plus en avant que celle des bâtonnets. Quant à la partie externe de la rétine, ou substance blanche, on y trouve, chez la grenouille, des bâtonnets larges de 1/150 à 1/125 de millimètre, et longs de 1/50 de millimètre à peu près, la plupart simples, quelques uns doubles, et tous placés les uns contre les autres, obliquement, et non verticalement, avec quelques petits globules à la surface, épais de 1/500 de millimètre de diamètre. Les vaisseaux sanguins et les fibres très minces du nerf optique sont placés entre les bâtonnets et la substance corticale. « Il serait impossible, dit Mandl, de savoir si les bâtonnets se trouvent en rapport avec le nerf optique; peut-être en est-il ainsi à l'aide des filaments qui terminent les baguettes du côté interne. Nous n'avons pu constater les anses terminales du nerf optique, et cette circonstance serait favorable à l'opinion que nous venons d'émettre; mais aucune observation positive ne nous permet de l'affirmer. Jusqu'à ce que ce rapport soit démontré, il n'est pas non plus permis de se prononcer sur le caractère anatomique des bâtonnets, c'est-à-dire de décider s'ils appartiennent ou non au tissu nerveux. » *Comp.* E. Brucke, dans Mueller's *Archiv*, 1844, p. 444. *Note du trad.*

; prolongées jusqu'aux facettes de la cornée, la vision des insectes demeura
ment énigmatique. Si les fibres du nerf optique s'étendaient jusqu'à la
chaque point situé au-devant de l'œil, *a*, *b*, *c*, *d*, projetterait de la lumière
es ces fibres à la fois, c'est-à-dire que l'animal ne distinguerait point
l, et n'aurait que la sensation d'une certaine impression résultant du mé-
toutes les diversités. Mais les cônes ne laissent parvenir à leurs fibres ner-
orrespondantes que la lumière qui frappe l'œil dans le sens de leur axe, et
le qui rencontre leurs parois obscures se trouve absorbée par elles. De cette
chaque cône représente une partie aliquote de l'image, et l'image se com-
'instar d'une mosaïque, d'autant de parcelles qu'il y a de cônes, en sorte
etteté doit être en raison du nombre de ces derniers.

1. *Degré de netteté de l'image.*

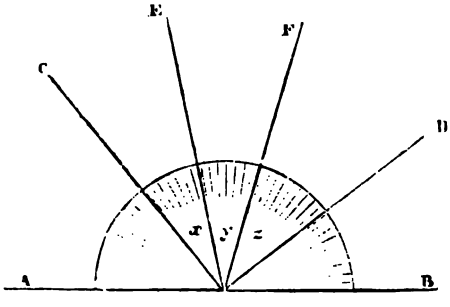
teté de l'image qui se projette dans l'œil des insectes et des crustacés
le causes tout autres que celles qui la produisent dans celui des animaux
d'appareils transparents propres à réunir la lumière. Ici elle a pour con-
e la rétine se trouve précisément au foyer de la lentille. Là, au contraire,
ent qu'à la grandeur de l'œil et au nombre des cônes ou facettes qui con-
à la production de l'image. Un œil qui possède douze mille appareils iso-
oit aussi pouvoir distinguer douze mille parcelles du champ visuel sans
n. Mais, lorsqu'il n'y a qu'un petit nombre de ces organes, chaque cône
e facette apportent à l'impression totale celle d'une beaucoup plus grande
du champ visuel. En effet, toutes celles des particules d'un corps qui
leur lumière au même cône et à sa fibre nerveuse ne peuvent point être
les les unes des autres, et elles ne sont représentées que dans une impres-
mune mixte. La longueur des cônes doit également influer sur la netteté

Les yeux à mosaïque sont également bons de loin et de près, et la distance des objets n'exige pas qu'il s'opère de changement en eux; car, qu'il soit proche ou éloigné, l'objet qui envoie sa lumière suivant l'axe d'un cône est toujours vu distinctement comme point. A la vérité, le nombre des unités qui se représentent comme point seulement doit augmenter avec la distance de l'objet; mais il n'y a point ici de cercles de diffusion, et nul changement intérieur de l'œil n'est nécessaire pour porter remède à ce défaut. Au contraire, chez les animaux pourvus de milieux propres à rassembler la lumière, la netteté de l'image dépend non seulement de l'éloignement des objets, mais encore de la juste proportion dans la distance de la rétine au cristallin, c'est-à-dire de celle à laquelle les rayons lumineux coïncident ensemble, et cette distance varie, comme je l'ai expliqué plus haut, suivant qu'un intervalle plus ou moins grand sépare l'œil de l'objet : aussi est-il nécessaire, dans ces sortes d'yeux, qu'il s'opère des changements intérieurs, sans lesquels ils ne pourraient voir distinctement qu'à une distance déterminée.

3. *Étendue du champ visuel.*

L'étendue du champ visuel des insectes peut être déduite avec la plus grande exactitude de la forme de l'œil; car, comme il n'y a jamais de vu que ce qui tombe dans l'axe des cônes, c'est-à-dire dans les rayons de l'œil, en prolongeant par la pensée les axes des cônes qui sont placés sur les bords de ce dernier, on a exactement l'étendue du champ visuel d'un insecte ou d'un crustacé. En d'autres termes, plus le segment de sphère que représente l'œil d'un insecte est grand, plus le champ visuel de l'animal est étendu, et *vice versa*.

Fig. 123.



Un œil ayant la forme d'une moitié de sphère AB représente tout ce qui se trouve placé au-devant de lui, depuis le rayon A jusqu'au rayon B. Celui qui n'est que le segment de sphère CD, ne représente non plus que les objets compris entre les prolongements des rayons C et D. Pour un œil réduit au segment de sphère EF, le champ visuel est bien plus réduit encore. Or, comme la grandeur du segment de sphère diminue en raison de l'aplatissement de l'œil, on peut exprimer la proposition dans les termes suivants : Plus l'œil d'un insecte est plat, moins le champ visuel de l'animal a d'étendue, tandis que, plus l'organe est convexe, plus aussi le champ visuel devient étendu. Ainsi, par exemple, une libellule a un champ visuel très considérable, parce que son œil représente plus de la moitié d'une sphère : l'animal doit donc bien voir en avant, en arrière et sur les côtés; ses mouvements nous prouvent que les choses se passent réellement ainsi, car ils sont prompts, vifs, sûrs, et souvent se déjettent tout à coup de côté. Les yeux plats d'une punaise d'eau, qui s'élèvent à peine au-dessus du sommet de la tête, et qui ne représentent que de très petits segments de sphère, doivent avoir un champ visuel rétréci.

hez les naucores et les notonectes, ces yeux plats sont situés sur le devant de la te; nous ne devons donc point être étonnés de ce que les mouvements de l'insecte ns l'eau soient en harmonie avec son champ visuel si peu étendu; en effet, il usse toujours devant lui, sans s'écarter ni à droite ni à gauche.

Il est facile de juger que le volume absolu de l'œil n'exerce pas la moindre fluence sur l'étendue du champ visuel. Un œil peut être très petit, et avoir pendant un champ visuel fort grand, pourvu qu'il représente un grand segment sphère. Il peut être large, au contraire, et n'avoir néanmoins qu'un champ suel très restreint, si le segment de sphère qu'il représente est petit.

4. Angle optique.

Ce qui précède fait également connaître de quoi dépend, chez les insectes, la andeur relative des images par rapport au champ visuel entier. En effet, les mites de l'image d'un corps quelconque sont déterminées par les rayons lumineux ui, partis des points de l'objet, tombent sur les axes des cônes de l'œil. Si, par la nsée, on prolonge ces rayons en dedans jusqu'au point où ils se rencontrent, ngle compris entre eux donne l'angle optique. Or, si l'on se figure le segment de rcle que l'œil représente, prolongé en un cercle complet, et celui-ci divisé en grés, minutes et secondes, la surface de l'œil exprime en degrés angulaires la istance des points. Mais, comme la grandeur relative des objets dépend toujours de situation des cônes qui laissent passer la lumière émanée des divers points, on ut, pour chaque objet, indiquer en degrés, minutes et secondes, la valeur de ngle optique d'après la distance des cônes que traversent les rayons provenant s ses limites. Des objets placés à d'inégales distances, qui projettent cependant urs rayons lumineux à travers les mêmes cônes, ont naturellement des images grandeur pareille; leur angle optique est le même. Ainsi, dans la figure préédente, un corps qui s'étend depuis la ligne C jusqu'à la ligne E paraît toujours us l'angle optique x; et sa grandeur apparente est au champ visuel comme x est cent quatre-vingts degrés. Le plus petit angle sous lequel un insecte pourra core distinguer quelque chose sera celui qui se trouvera compris entre les axes deux cônes adossés l'un à l'autre. Mais, comme il y a plusieurs milliers de cônes ns un œil, la perspicacité de la vue doit diminuer généralement, d'après cela, ez ces animaux.

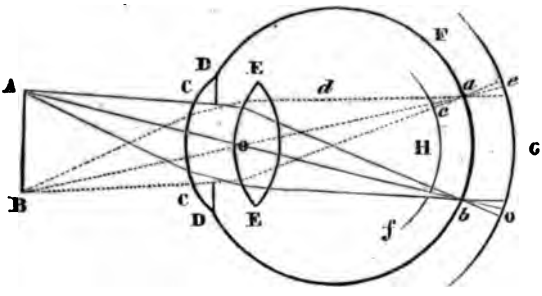
Si l'on a bien suivi les déductions précédentes, on sentira que l'œil des insectes des crustacés n'avait pas besoin que sa structure variât pour la vue dans l'air et ur la vue dans l'eau, car ces deux conditions différentes n'apportent aucun chanment à rien de ce qui concerne la vision : aussi mes observations m'ont-elles montré qu'il n'y a pas la moindre différence de structure entre l'œil des insectes riens et celui des insectes aquatiques. Chez les animaux pourvus d'appareils ncentrateurs de la lumière, le cristallin a besoin d'une puissance réfringente us grande pour la vie dans l'eau que pour celle dans l'air, parce qu'il y a moins différence de densité entre lui et l'eau qu'entre lui et l'air. Mais la puissance fringente des milieux oculaires ne joue presque aucun rôle chez les insectes, et aque cône représente l'objet placé en face de lui, qu'il voie dans l'eau ou dans air.

Enfin l'œil d'insecte le plus complet est celui auquel le volume absolu le nombre des cônes et des facettes et la longueur des cônes procu nette et distincte, celui aussi qui a un grand champ visuel en raison de ou de l'étendue du segment de sphère qu'il représente.

B. Vision au moyen d'yeux pourvus d'appareils réfringents.

Ce qui rend la vue des objets possible dans les yeux composés d des crustacés, c'est que, parmi les rayons du cône lumineux que isolé projette sur l'organe entier, celui qui correspond à un certain r est le seul qui pénètre dans sa profondeur, tous les autres étant éca vision au moyen d'instruments réfringents, le cône lumineux émané d de nouveau réuni, par la réfraction, en un point qui se trouve sur la la réfraction par des milieux réfringents est triple dans l'œil de l'h animaux supé bord les rayon mineux parti et B sont brisé née CC et p aqueuse com cette membra tallin, c'est-à sont rapproch médian, de ce che parallèlem car ces milieu en vertu et d

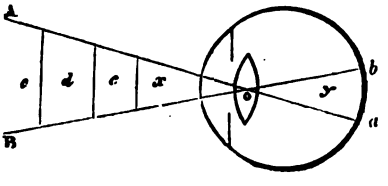
Fig. 124.



vexité et de la différence de densité entre eux et l'air. Une second s'opère à travers la face antérieure du cristallin EE, et les rayons du neux se rapprochent encore davantage du rayon qui suit l'axe, à caus vexité de cette face et de la différence de densité entre l'humeur a cristallin. Une troisième réfraction a lieu quand les rayons du cône milieu plus dense du cristallin pour passer dans le milieu moins de vitré. J'ai démontré précédemment qu'une lentille rapproche les ray tant lorsqu'ils passent d'un milieu moins dense à la face antérieure c plus dense que quand ils repassent de la face postérieure convexe de un milieu moins dense. Donc les rayons des cônes lumineux A et B s chacun en un seul point, en *b* et en *a*, et, si la rétine F se trouve là, sentis en *a* et *b* comme points parfaitement correspondants. Si la r placée en *a* et *b*, mais au-devant ou en arrière, par exemple en H ou de points, des cercles diffus seraient vus, savoir, pour G les cercl pour H les cercles *c* et *f*; car en H les cônes lumineux ne sont pas e en un seul point, et en G ils ne le sont plus, puisqu'ils ont recommenc après leur réunion en *b* et en *a*. Il faut donc, pour qu'une image nette c'est-à-dire pour que les rayons émanés d'un point se réunissent de un point, que la rétine F se trouve exactement à la distance du cristalli

coïncidence. Nous avons prouvé que cette distance devient plus grande quand jet est plus proche, et moins considérable lorsque l'objet est plus éloigné. La ction que les rayons prennent, en vertu de la réfraction, dépend d'ailleurs du u médian du cône lumineux, vers lequel s'inclinent les rayons latéraux. L'image point se projette donc toujours dans la direction des rayons médians, c'est-à- de ceux qui sont parallèles à l'axe B*a* et A*b*. A la vérité, le rayon médian d'un e lumineux qui, au lieu de passer par l'axe même du cristallin, tombe oblique- t sur la cornée et la lentille, subit aussi des déviations de sa route. Mais, si l'on abstraction de cette circonstance, l'endroit où l'image d'un point se projette la rétine est déterminé par le prolongement du rayon parallèle à l'axe, ou par rayon qui traverse le milieu de la pupille de l'œil. On peut donc, à la figure pré- dente, substituer celle qui suit : A*b* est le rayon central du cône lumineux parti de A, et B*a* celui du cône lumineux émané de B. L'image de A apparaît en *b*, et celle de B apparaît en *a*, renversée par conséquent. Ce qui était en haut dans l'objet est vu en bas, ce qui était en bas l'est en haut; de même pour les parties droite et gauche, qui sont nues la première à gauche, et la seconde à droite.

Fig. 125.



On peut se convaincre de tout ce qui a été discuté jusqu'ici par une expérience r l'œil d'un animal. Si l'on ouvre avec précaution cet œil par le haut, de manière n'il soit possible de voir, à travers le corps vitré, ce qui se passe sur la rétine, on stingue au fond de l'organe l'image d'un objet brillant, par exemple d'une fenêtre lairée. L'expérience est plus facile encore à l'aide de l'œil d'un lapin atteint albinisme, dont les membranes sont translucides à cause de l'absence du pig- ent noir; il suffit de le bien préparer, d'en placer la partie antérieure en face ne croisée éclairée, et d'en observer la paroi postérieure translucide. Dans cette périence, citée par Magendie, on aperçoit au fond de l'œil une image très nette la fenêtre, et tout y est renversé.

On nomme angle optique l'angle x compris entre les rayons centraux croisés de ux points d'un objet. Cet angle croît avec la distance du point A au point B, et mme $x=y$, l'éloignement des points de l'image *a* et *b* sur la rétine croît aussi ec l'angle optique x. Des objets diversement éloignés, qui ont le même angle tique x, par exemple les objets *c*, *d*, *e*, doivent donc aussi projeter sur la rétine s images d'égale grandeur, et, s'ils appartiennent au même angle, leur image it occuper le même emplacement sur cette membrane.

Précédemment, nous avions admis comme rayons parallèles à l'axe ceux qui ssent par le milieu de la pupille, et qui par conséquent tombent au voisinage du ntre de la lentille cristalline. Cependant cette hypothèse ne répond point d'une nière rigoureuse à la réalité, c'est-à-dire qu'une ligne qui passe par le centre la pupille ne rencontre point exactement l'image de la rétine. En effet, les rayons idians d'un cône lumineux subissent aussi, quand ils tombent obliquement sur cornée et le cristallin, une réfraction qui les dévie de leur direction. De là vient 'il faut recourir à l'expérience et au calcul pour trouver le rayon qui sert réelle- nt de guide au cône lumineux émané d'un point, et que ce qui a été dit de

l'angle optique doit subir une modification en conséquence. Les points de l'image *a* et *b* ne sont donc pas dans le prolongement de *Bo* et *Ao*. Maintenant une question se présente : De combien une ligne droite allant de l'objet à l'image sur la rétine s'écarte-t-elle du rayon central passant par le centre de la pupille?

Ne pouvant pas m'engager ici dans tous les détails que comporterait la discussion approfondie du problème, je me bornerai à donner le résultat des expériences qui ont été faites à ce sujet. Volkmann a publié là-dessus d'intéressantes recherches, desquelles il résulte que, dans l'œil, se trouve un point où les lignes tirées de différents objets à leurs images sur la rétine se croisent, et que le point où le croisement a lieu n'est situé ni au milieu de la pupille, ni au milieu du cristallin, mais derrière celui-ci.

Comme le plan de l'œil sur lequel les images se forment est concave, et que, du milieu vers les bords, il se rapproche peu à peu du cristallin, on comprend que les images des objets placés de côté ne peuvent pas être aussi nettes que celles des objets médians, à la distance focale desquels se trouve le milieu de la rétine. Mais le défaut de netteté des images latérales a encore d'autres causes; car les rayons d'un cône lumineux provenant d'objets placés sur le côté ne se réunissent pas exactement au même point, à cause de l'inégalité de la réfraction. Cependant la principale cause qui fait que la netteté des images va en décroissant du milieu de la rétine à son pourtour paraît tenir à cette membrane elle-même.

Les rayons qui tombent sur le bord du cristallin subissent une autre réfraction que les rayons médians ou centraux, en vertu de l'aberration de sphéricité; la netteté de la vision exigeait qu'il y eût dans l'œil un appareil analogue à celui dont on se sert dans les instruments d'optique, c'est-à-dire que le bord du cristallin fût couvert d'un diaphragme qui ne permît qu'aux rayons centraux de passer par son ouverture médiane. Le diaphragme de l'œil est l'iris, et son ouverture la pupille; mais il a l'avantage d'être mobile, de pouvoir s'élargir et se rétrécir. La dilatation de la pupille dans les lieux peu éclairés permet qu'au moins la quantité de lumière compense la perte éprouvée du côté de la netteté de l'image. Il peut aussi arriver, dans certaines circonstances, qu'avec une pupille très large l'image des rayons marginaux soit nette, lorsque celle des rayons centraux manque de netteté, ou même n'est point vue, parce qu'elle n'est pas reçue à la distance requise. L'étroitesse de la pupille, une juste distance et une lumière vive sont les conditions qui rendent l'image aussi nette et aussi claire que possible, parce que, dans ce cas, la quantité de la lumière suffit, malgré le peu d'ouverture de la pupille, et que l'étroitesse de celle-ci empêche la formation d'une image sans netteté des rayons marginaux, qui ont une autre distance focale.

Relativement au cristallin, cette lentille doit être d'autant plus dense et plus convexe qu'il y a moins de différence de densité entre l'humeur aqueuse et le milieu dans lequel vit l'animal. Chez les poissons, le cristallin est sphérique et la cornée plate, la plupart du temps. Chez les animaux qui vivent dans l'air, la cornée est plus convexe, et le cristallin plus déprimé.

L'intérieur des parois de l'œil, derrière l'iris et le corps ciliaire, derrière même la rétine, est couvert de pigment noir. Cette disposition offre le même avantage que la couleur noire dont on teint les parois intérieures des instruments d'optique. Le pigment absorbe les rayons lumineux qui pourraient être réfléchis, les empêche de

t dans ce cas; la lumière du jour les éblouit aisement, et ils voient mieux
bscurité. Plusieurs animaux qui se montrent actifs et qui chassent au cré-
, tandis qu'ils sont lourds et lents pendant la journée, ont également des
le leur choroïdes dépourvus de pigment, ou plutôt couverts d'un pigment
omme les chats et autres animaux ennemis de la lumière.
etteté ou la clarté de l'image sur la partie moyenne de la rétine tient à plu-
onditions diverses :
ce que les rayons lumineux venant d'un point se réunissent complétement
oint correspondant de la rétine, de manière à éviter les cercles de diffusion ;
ce que l'éclairage ait une intensité suffisante;
ce que les plus petites parcelles de la rétine soient aptes à percevoir, comme
étaient séparées les unes des autres.
remière condition dépend de ce que la rétine se trouve exactement à la
e focale de l'image. A elle se rattache le plus ou moins de portée de la vue
e chez les différents hommes, qui, comme on le sait, tantôt sont myopes,
ont presbytes, tantôt n'ont pas de limites arrêtées à cet égard, leur œil
t s'ajuster à toutes les diversités de l'éloignement des objets et de la distance
les images. Cependant, comme la faculté de s'accommoder aux différentes
es, par des changements intérieurs, a des limites, il y a, pour chaque indi-
n éloignement auquel il voit plus nettement qu'à tout autre, et dont la dis-
ocale de l'image est celle qui correspond le mieux à l'intervalle compris entre
ie et le cristallin, ainsi qu'au pouvoir réfringent des milieux de son œil.
istance de la vision distincte peut être évaluée de cinq à dix pieds pour la
é des hommes; les objets qui sont trop rapprochés de l'œil projettent sur la
les cercles de diffusion d'une grande étendue ; c'est ce qui fait qu'un corps
par exemple une épingle, qu'on tient trop près de son œil, ne peut être
, ou ne procure que la sensation d'une nébulosité. Il est peu d'hommes qui

Enfin la netteté de la sensation dépend des particules de la rétine qui so ceptibles de percevoir isolément des autres, comme si elles étaient sépa celles-ci dans l'espace. Nous en avons un exemple dans les corps qui présen lignes très fines, alternativement blanches et noires. Quand on regarde u vure d'une distance telle que les images des traits blancs et noirs tomb fois sur des parcelles de la rétine d'une certaine grandeur, on ne peut pa guer les limites de ces lignes, et l'on n'a qu'une impression mixte de gris. L chose arrive pour les lignes très fines, diversement colorées, et dont les alternent ensemble : si elles sont bleues et jaunes, par exemple, elles fo l'impression mixte du vert; c'est cette cause enfin qui fait que tous les p de deux couleurs différentes ne nous apparaissent pas comme un mélan comme teinte intermédiaire homogène. De là résulte donc qu'il y a, dans l des minima, qui confondent en un seul tout les impressions reçues par eu peuvent plus les distinguer les unes des autres, quoiqu'elles soient réellen tinctes dans l'image : or l'idée se présente naturellement que ces minim suivant toute probabilité, les terminaisons papillaires de la couche int la rétine. On peut donc présumer que des rayons différents qui tombent à uns des autres sur ces minima de la membrane nerveuse ne sont plus se tincts, et que chaque papille n'obtient et ne transmet qu'une seule im moyenne des influences qui l'affectent en même temps. De cette manière, ressemblerait à une mosaïque, dont chaque élément serait homogène en lu or les plus petites parcelles de la rétine coïncident assez bien avec les pl points sensibles de cette membrane. L'angle le moins ouvert sous lequel n sions distinguer deux points est de quarante secondes. Smith a calcul cela que le plus petit point sensible de la rétine avait 1/8000e de pouce. les recherches de Treviranus, le diamètre transversal des papilles de cett brane est de 0,0038 dans le lapin, et de 0,002 à 0,004 dans les oiseaux : or 0, limètres = 0,00011 pouce anglais, et 0,004 millimètres = 0,00015 pouc en évaluant le diamètre moyen des papilles de la rétine entre 0,003 et 0,0(à-dire à peu près entre 1/6000e et 1/10000e de pouce, la plus petite pa sible de cette membrane correspondrait très exactement à sa plus peti matérielle. Les mesures que E.-H. Weber avait déjà données des glob rétine, en les portant de 1/8000e à 1/8400e de pouce, s'accordent par aussi avec ces appréciations.

Cependant il n'y a plus correspondance lorsqu'on prend d'autres déter pour point de départ, et Volkmann croit très probable que la faculté de d avec la rétine a plus de portée qu'elle n'en aurait si les fibres nerveuses é derniers éléments. Muncke admet que le plus petit angle visuel est de t condes. Treviranus distinguait jusqu'à une distance de quarante-huit l point noir de 0,00833 ligne de diamètre sur un fond blanc, et Volkman d'après cela que le diamètre de la plus petite image sur la rétine est de (ligne. Cette évaluation est trop forte encore, car un œil médiocre distir distance de trente lignes, un cheveu qui n'a que 0,002 ligne de diamètr donnerait une image sur la rétine ayant un diamètre de 0,000023 ligne. de Raër pouvait encore apercevoir à une distance de vingt-huit lignes un soixantième de ligne, ce qui, selon Volkmann, donnerait une image sur

0,0000014 ligne de diamètre. De là, Volkmann conclut qu'en faisant abstrac-
du dernier cas, qui est tout à fait extraordinaire, les plus petites images sur la
ne sont inférieures aux moindres éléments de cette membrane dont nous con-
nons la masse.

Changements intérieurs dans l'œil pour la vision distincte à des distances diverses.

le ce qui précède on peut déjà conclure d'une manière générale que la vision
incte à des distances diverses exige qu'il se passe des changements dans l'in-
ur de l'œil. Le foyer de l'image est un peu plus rapproché du cristallin pour
bjets proches, et un peu plus distant pour les objets éloignés. Olbers s'est
pé de rechercher à combien s'élève la différence dans la distance focale pour
ne de près et de loin, avec les conditions de réfraction qui existent dans
l (1).

e vais faire connaître par avance quelques uns des résultats auxquels il est
é, afin qu'on puisse prendre une idée nette de l'étendue des changements
ulaires dont il s'agit ici. D'après le calcul d'Olbers, voici quelle serait la
nce de l'image à la cornée pour quatre distances de l'objet choisies à titre
mples.

DISTANCE DE L'OBJET.	DISTANCE DE L'IMAGE A LA CORNÉE.
Infinie.	0,8996 pouces.
27 pouces.	0,9189
8	0,9671
1	1,0426

l résulte qu'une différence de 0,143 pouce dans la distance focale de l'image
écessaire pour la vision distincte à des distances diverses depuis quatre
jusqu'à un éloignement infini. En conséquence, si la cornée et le cristallin
ent leurs convexités, la distance de la rétine au cristallin n'aurait besoin de
que d'une ligne environ pour toutes distances des objets, ce qui pourrait
éré, soit par l'allongement de l'œil, soit par le déplacement du cristallin.
porte le changement à un sixième de l'axe de l'œil.

onçoit que le même but pourrait être atteint sans changement de la distance
allin à la rétine, si la convexité ou de la cornée ou du cristallin était sus-
de modifications.

rs a recherché aussi par le calcul quel serait le changement que la convexité
rnée devrait subir pour la vision distincte à des distances diverses. Le rayon
rnée pour les quatre cas précédents serait ainsi qu'il suit :

(1) *De internis oculi mutationibus.* Gœttingue, 1780.

DISTANCE DE L'OBJET.	RAYON DE LA CORNÉE.
infinie.	0,333 pouces.
7 pouces.	0,321
4	0,303
3	0,273

Il était possible que le rayon de la cornée changeât seulement de 0,333 à 0,300 pouce, et que la longueur de l'œil s'accrût d'une ligne, la vision distincte aurait eu lieu pour toutes les distances au delà de quatre pouces.

Ces résultats serviront de base aux discussions dans lesquelles je vais entrer.

Il paraît certain que des changements dans l'intérieur de l'œil sont absolument nécessaires pour que la vision puisse s'accomplir avec la même netteté à des distances diverses. Mais les uns, tels que Delahire et Haller, parmi les anciens, Magendie, Simonoff (1) et Treviranus (2), parmi les modernes, ont refusé à l'œil l'aptitude à subir de tels changements, tandis que la majorité des physiciens et des physiologistes la regardent comme étant démontrée par les faits. Magendie se fonde sur ce que l'image dans l'œil du lapin ne perd pas de sa netteté, quoique la distance de l'objet change, ce qui n'est pas vrai pour tous les cas. En calculant les effets de cristallins d'une densité croissante de dehors en dedans, Treviranus est arrivé à conclure qu'en supposant au cristallin une texture de ce genre, la distance de l'image resterait la même pour les différentes distances des objets, de sorte qu'il n'y aurait pas nécessité que des changements intérieurs s'accomplissent dans l'œil.

Tout en reconnaissant l'élégance avec laquelle il a traité ce problème d'optique géométrique, on ne saurait concilier les résultats de ses calculs avec les observations faites sur l'œil. D'ailleurs Kohlrausch a nié la justesse de la déduction elle-même.

La réalité de changements dans l'œil pour la vision distincte à des distances diverses est démontrée incontestablement par des expériences aussi simples que variées.

L'état d'accommodation de l'œil subit souvent de grands changements dans un court espace de temps. Non seulement l'habitude de ne voir que des objets rapprochés rend les enfants myopes, mais encore il n'est pas rare qu'une myopie passagère, qui dure quelques heures, se déclare après qu'on a fait longtemps usage du microscope. Fort souvent alors on distingue mal les objets dans la rue à quelques pas de distance, quoique d'ailleurs on ait une très bonne vue de près comme de loin. J'ai fréquemment éprouvé cet état, qui dure parfois plusieurs heures.

Si l'on vise d'un seul œil les extrémités alignées de deux épingles placées à une distance différente, on aperçoit distinctement la première tandis que la seconde

(1) [illegible] *physiologie*, t. IV, p. 260.

(2) [illegible] *Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge*, 1828. — *Beiträge zur* [illegible] *Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens*, Cah. 1, 3.

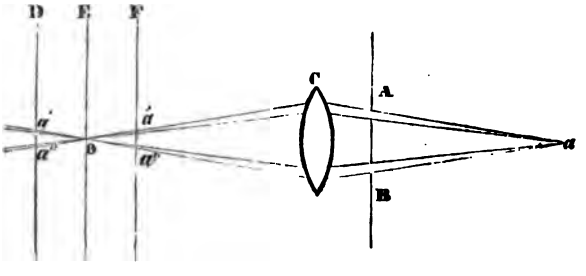
paraît nébuleuse, et l'on distingue très bien la seconde tandis qu'on voit mal la première. Les deux images sont dans l'axe et se couvrent; cependant il dépend d'un effort volontaire, qui se fait sentir dans l'œil, que la vision distincte soit pour l'une ou pour l'autre. Donc, quand je regarde fixement un objet rapproché avec ma pupille rétrécie, comme elle l'est toujours en pareil cas, et que la distance focale de l'image nette de cet objet se trouve au centre de la rétine, les rayons centraux de l'objet éloigné qui traversent la pupille forment un cercle de diffusion autour du centre de la rétine, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas leur foyer à la distance où est cette membrane, mais au-devant (1).

On peut varier l'expérience en visant une épingle à travers une petite ouverture pratiquée dans une carte. Il dépend de la volonté de voir nettement le bord de l'ouverture ou l'épingle, mais alors aussi nous n'apercevons pas distinctement l'un ou l'autre.

Treviranus n'a pas accordé à ces phénomènes l'attention dont ils étaient dignes, et l'explication qu'il donne en disant que l'action nerveuse se dirige vers d'autres points n'est nullement propre à satisfaire. Les deux images tombent sur le même point de la rétine ; une épingle couvre l'autre, et cependant on voit la première à travers le cercle de diffusion de la seconde, ou celle-ci à travers le cercle de diffusion de la première. Il ne saurait donc être question ici du report de l'attention sur d'autres points de la rétine. Je vois indistinctement une feuille chargée de lettres, dès que j'opère dans mon œil le changement approprié à une autre distance : ici il n'y a point d'objet de la vision distincte, c'est-à-dire que le changement a lieu pour une distance, ou plus petite ou plus grande, à laquelle ne se trouve aucun objet qui puisse être vu.

3° L'expérience de Scheiner. Si l'on fait, dans une carte, deux trous d'épingle plus rapprochés l'un de l'autre que le diamètre de la pupille n'est grand, et qu'à travers ces ouvertures on regarde un petit objet a placé au-devant d'un œil, cet objet ne paraît simple qu'à une distance déterminée; à tout autre, on le voit double. Ainsi A et B étant les ouvertures de la carte, on le voit simple en o quand la rétine se trouve en E ; si la distance de a est plus considérable, et la rétine placée en D, de manière que l'image ne tombe plus sur la membrane, mais au-devant d'elle, en o, les rayons se croisent derrière o, et la double image a' a'' tombe sur la rétine D ; de ces deux images, l'inférieure a'' disparaît quand on bouche le trou opposé ou supérieur A de la carte, et *vice versa*. La même chose arrive si la distance de a est trop petite; car alors l'image tombe derrière la rétine F, en o, et la rétine F reçoit deux images a' a'', dont l'inférieure a'' disparaît dès qu'on bouche le trou correspondant B de la carte.

Fig. 126.



(1) *Jahrbuecher fuer wissenschaftliche kritik*, 1829, octobre, p. 623.

Les conséquences de cette expérience ont été poursuivies par Porterfield, Young (1), Purkinje, Plateau et Volkmann, et ce dernier l'a variée de plusieurs manières. Elle prouve évidemment la nécessité de changements intérieurs pour la vision distincte et l'inexactitude de l'hypothèse de Treviranus, en faisant voir qu'il y a des circonstances dans lesquelles l'image tombe ou devant ou derrière la rétine.

Ici se range encore une expérience de Beudant et de Crahay. Si l'on regarde une épingle, à une distance de cinq ou six centimètres de l'œil, au travers d'un petit trou percé dans une carte, et qu'on fasse mouvoir celle-ci de droite et de gauche, l'épingle semble être aussi animée d'un mouvement en sens inverse. Le phénomène s'explique par le défaut de netteté de la vision quand l'image tombe en avant et en arrière de la rétine. Dans le premier cas, par exemple, les rayons s'écartent de nouveau après s'être réunis, et un cercle de diffusion se projette sur la rétine. La carte, pendant ses mouvements, interceptant une partie des rayons, il n'arrive à la rétine que les rayons croisés provenant d'un côté. De là le déplacement apparent de l'image. Au reste, la diffraction qui a lieu au bord de l'ouverture de la carte joue aussi un rôle dans ces phénomènes.

Les causes qui permettent à l'œil de s'accommoder aux distances peuvent être cherchées dans des parties très différentes. On peut les attribuer aux mouvements de l'iris, au déplacement du cristallin, à l'allongement de l'axe de l'œil, au changement de la convexité du cristallin et de la cornée. On trouve dans la grande physiologie de Haller (2), dans l'ouvrage d'Olbers et dans la biologie de Treviranus (3), l'exposé de toutes les hypothèses qui ont été imaginées à ce sujet.

1° Mile et Pouillet ont admis pour cause les mouvements de l'iris. Le premier comptait sur l'inflexion ou la diffraction de la lumière au bord de cette membrane, ce qui, selon lui, devait faire naître des distances focales très différentes pour les rayons respectifs ; le second, sur la vision au moyen des rayons marginaux ou centraux suivant le degré d'ouverture de la pupille.

2° Young a cherché cette faculté dans l'allongement et le raccourcissement de l'axe du cristallin. Hunter et Young attribuent à la lentille une contractilité qui lui appartient en propre.

3° Home croyait, avec Englefield et Ramsden, à un changement de la convexité de la cornée, provenant, suivant lui, de l'action des muscles oculaires, et déterminé, chez les oiseaux, par le muscle particulier que Crampton a découvert dans le cercle ciliaire.

4° Le déplacement du cristallin par le cercle ou les procès ciliaires a été invoqué par Kepler, Scheiner, Porterfield, Camper et beaucoup d'autres.

5° Enfin divers physiciens, comme Rohault, Bayle, Olbers, Home, Schroeder van der Kolk, ont fait valoir l'influence des muscles oculaires sur la forme de l'œil entier, les uns attribuant le changement de cette forme aux muscles droits, et les autres aux muscles obliques.

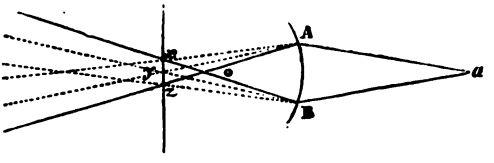
Quant à ce qui concerne l'iris et la pupille, les mouvements de l'iris ont une liaison incontestable avec la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances: car

(1) *Philos. Trans.*, 1801, pl. I, p. 35.
(2) *Elem. physiol.*, t. V, l. XVI, sect. 4, § 20.
(3) Tome VI, p. 512.

ris est large quand on voit de loin, étroit lorsqu'on voit de près, et une forte ıpression de lumière, celle, par exemple, d'une lampe tenue devant l'œil, n'emche pas qu'on puisse changer beaucoup la grandeur de la pupille, en dirigeant ; axes des yeux de manière tantôt qu'ils convergent vers un objet proche, tantôt l'ils se portent parallèlement vers un objet très éloigné. Cependant ces changeents de l'iris ne dépendent que du mouvement communiqué à l'œil par les muscles ulaires, et de l'influence que le nerf oculo-musculaire commun exerce sur le gan- on ophthalmique et les nerfs iriens. Ce sont des mouvements associés ; car, pour terminer la contraction de l'iris, il suffit, en fermant un œil, de tourner l'autre en dans, ou en dedans et en haut, de manière que, à ce titre de mouvement associé, e se trouve liée indissolublement au mouvement volontaire de plusieurs muscles ulaires dépendant du nerf oculo-musculaire commun. On ne saurait donc recon- ître dans ces phénomènes une connexion immédiate entre le mouvement de l'iris la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances. Mais on se demande jusqu'à el point la vision distincte à des distances diverses peut être expliquée par les ouvements de la pupille.

1° Voici comment Mile explique la vision distincte à des distances diverses par s mouvements de l'iris et par l'inflexion de la lumière au bord de cette mem- ane (1). Soit a un point d'un bjet dont les rayons centraux se uniraient, non sur la rétine le-même, mais en avant d'elle, qu'en conséquence on ne pour- it pas voir nettement à l'aide ces rayons. Les rayons aA aB, passant au bord de l'iris,

Fig. 127.



réuniraient, au contraire, sur la rétine ; car la lumière subit une inflexion bord de l'iris, et les rayons marginaux, au lieu de suivre la direction Ao Bo, prendront celle de Ay et de By, et iront se réunir en y sur la rétine. endroit où les rayons se réunissent en un point se trouve donc prolongé, par le rd de l'iris, au delà du foyer des rayons centraux, et, comme l'inflexion augmente ès de ce même bord, plus les rayons en passent près, plus ils se réunissent loin rrière le cristallin. La distance focale des rayons centraux et des rayons margiux n'est donc pas un point déterminé, mais une ligne d'une certaine étendue, sorte que l'œil aperçoit encore distinctement, par le moyen des rayons infléchis bord de l'iris, un objet dont les autres rayons ne pourraient plus lui procurer vision distincte.

Le vice de cette théorie consiste, comme l'ont montré Treviranus et Volkmann, ce qu'elle ne fait servir à la formation de l'image que le petit nombre de rayons ui passent au bord de l'iris, négligeant ainsi et la plus grande masse de la lumière et les réunions de rayons qui ont lieu sur d'autres points, par exemple en x et en z.

2° L'hypothèse de Pouillet ne repose pas sur l'influence de la lumière au bord de l'iris, mais sur la différence du foyer des rayons centraux et des rayons margi-

(1) Magendie, *Journ. de physiologie*, t. VI, p. 166.

naux, dont les premiers traversent le milieu du cristallin, formé de couches plus denses, et les autres ne passent qu'à travers le bord de la lentille, qui est composé de couches moins denses. Les rayons qui tombent sur la partie centrale du cristallin doivent se réunir plutôt que ceux qui viennent frapper le bord. Or, comme la pupille s'élargit pour voir au loin, et se rétrécit pour voir de près, les rayons marginaux se trouvent écartés dans le second cas, et les centraux seuls se réunissent, tandis que, dans le premier cas, l'œil admet les rayons marginaux, dont le foyer coïncide avec la distance de la rétine au cristallin, puisque le foyer est plus rapproché pour les objets lointains que pour les objets voisins. Mais, quand la pupille est large et l'objet éloigné, les rayons centraux, qui alors se réunissent au-devant de la rétine, produisent des cercles de diffusion que Pouillet croit avoir peu d'influence, à cause de l'intensité de l'image formée par les rayons marginaux convergents.

Les phénomènes précédemment cités, qui ont lieu quand on vise deux épingles parallèles placées à des distances différentes, contredisent absolument cette théorie. Nous avons vu qu'en visant d'un seul œil les extrémités alignées des épingles, on aperçoit distinctement la première quand la seconde est nébuleuse, et qu'on distingue bien la seconde lorsque la première n'est vue qu'imparfaitement. Ainsi, dans le cas de pupille étroite pour l'objet proche, l'objet éloigné produit un cercle de diffusion par ses rayons centraux, qui se réunissent au-devant de la rétine. Il suit de là, contre l'hypothèse de Pouillet, que, quand on regarde l'objet éloigné (et on le regarde avec une pupille large), les rayons centraux ne peuvent point être perdus, malgré la pureté de l'image produite par les rayons marginaux, et que, s'ils ne se perdent pas, la vision distincte, à des distances diverses, doit dépendre d'une autre cause que celle qui est assignée par ce physicien.

3° Les mêmes réflexions s'appliquent aussi à l'hypothèse de Treviranus, qui admet pour éléments non seulement la différence de densité du cristallin, mais encore le changement de la pupille. D'après ses calculs, une lentille doit être capable de réunir en un point les rayons lumineux d'objets placés aux distances les plus diverses, quand la pupille modifie, en vertu d'une loi indiquée par lui, le rapport des rayons marginaux aux rayons centraux.

Enfin on peut, avec Volkmann, objecter contre toutes les théories qui dérivent du mouvement de l'iris la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances, que, si le changement de la pupille était l'unique moyen de parvenir au but, tout changement communiqué par la lumière à cette ouverture devrait en occasionner un aussi dans l'état d'accommodation, ce qui n'a pas lieu. La vision distincte d'un objet regardé à travers une pupille artificielle de carte, et la possibilité persistante, malgré ce diaphragme, de voir clairement l'une ou l'autre à volonté de deux épingles alignées, prouvent aussi que la faculté d'accommodation n'a point pour cause le changement de grandeur de la pupille, et que, si cette ouverture varie suivant les distances, l'effet doit dépendre de quelque autre cause. Si je regarde les lettres d'un livre éloigné de quinze pouces à travers un trou d'épingle percé dans une carte que je tiens immédiatement au-devant de la cornée, il dépend de ma volonté, avec cette pupille invariable, de voir ou distinctement ou indistinctement.

Quant à l'hypothèse du changement de la convexité de la cornée, elle paraît être réfutée déjà par les faits dont nous sommes redevables à Olbers ; car les muscles

ne sauraient exercer sur l'œil une compression assez forte pour apporter
le la cornée un changement de 0,273 à 0,333 pouce. Home et Ramsden
n avoir aperçu des changements dans l'œil vivant pendant la vue à des
liverses ; mais Young n'a pu constater le fait, et la mobilité de l'œil ne
entreprendre à cet égard aucune expérience sur l'exactitude de laquelle
compter. Ce qu'il semble y avoir de plus convenable, c'est d'observer
réfléchies par la surface de la cornée, et de voir si leur grandeur et
ion varient selon la distance des points auxquels elles correspondent.
rie suivant laquelle la faculté que l'œil possède de s'accommoder aux dis-
end d'une compression que ses muscles propres exercent sur lui, pré-
des difficultés. A la vérité, on parvient à expliquer les faits par elle ;
ne prouve qu'elle soit exacte, puisque les faits se prêtent également à
xplications. Il est difficile, comme le fait remarquer avec raison Trevi-
concevoir un allongement de l'œil dans le sens de son axe, par l'action
scles droits, tel que l'admettait Olbers. La pression de ces muscles doit
corps vitré en arrière et en avant ; mais les muscles oculaires ne tirent
arrière, et, si le coussin graisseux oppose un obstacle, le globe sera plutôt
llongé : or cette circonstance ne favoriserait que la vue de loin, dans
foyer est plus court. D'ailleurs on ne sent un effort intérieur dans l'or-
quand on regarde des objets très rapprochés. La compression et l'allon-
l'œil sont beaucoup plus faciles à accomplir par les muscles obliques,
pouvoir d'attirer l'organe vers le côté, contre la paroi interne. C'est de
ière que Lecamus, Rohault et Schrœder van der Kolk ont expliqué l'ac-
tion. Une circonstance parle en sa faveur, c'est que les yeux sont toujours
converger fortement lorsqu'on regarde de près ; les muscles obliques
t fort bien agir alors, ainsi que Luchtman (1) l'a établi avec beaucoup
é. Mais des objections s'élèvent contre cette théorie, de même que contre
les qui attribuent l'accommodation à l'action des muscles oculaires. L'im-
locale des narcotiques peut mettre rapidement l'œil dans un tout autre
ommodation, tandis qu'en même temps la pupille se dilate. Ce phénomène
être expliqué par la transmission du narcotique de la conjonctive aux
culaires et à leurs nerfs, puisque l'imbibition ne rend raison que de la
n à une profondeur bornée. En outre, la narcotisation locale ne trouble
e mouvement des yeux par les muscles obliques. Le meilleur moyen à
pour cela consiste à instiller sur la conjonctive quelques gouttes d'une
égère d'extrait de belladone. Au bout de quelque temps (un quart d'heure),
devient très large, et alors l'état moyen d'accommodation de l'œil se
ntièrement changé, sans cependant que la faculté elle-même soit abolie.
rvations que nous possédons sur ce sujet sont très nombreuses. La
émoignent que l'influence des narcotiques détermine la presbytie, con-
contre laquelle s'élèvent Purkinje et une partie des expériences de
n.

it de mon côté quelques expériences à ce sujet. Je vois bien à toute
Ce qu'il y avait de remarquable, c'est que l'instillation de l'extrait de

mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti. Utrecht, 1832.

belladone dans l'un de mes yeux affectait également l'autre. Lorsque j'ouvrais l deux yeux, le bien portant avait un état de réfraction pour les objets les pl proches, qui seuls paraissaient distincts, tandis que l'œil malade ne distingu pas nettement de près. Quand les deux organes se disposaient pour la vis distincte à des distances diverses, tantôt l'un et tantôt l'autre voyait plus distin tement. Si l'œil malade se changeait pour les objets rapprochés, involontairem celui du côté sain s'accommodait pour les objets les plus rapprochés. Donc l'œ malade, tout presbyte qu'il était, n'avait nullement perdu son pouvoir intéri d'accommodation. Il n'avait pas non plus perdu, malgré la grande dilatation la pupille, l'aptitude aux mouvements de l'iris. Volontairement il voyait mie tantôt de près, tantôt de loin; dans le second cas, l'iris était presque entiè ment retiré; dans le premier cas, la pupille se rétrécissait un peu par contracti de l'iris. Lorsque les deux yeux voyaient ensemble, il y avait, en génér des images doubles, et tantôt le spectre de l'œil sain, tantôt celui de l'œil mala était net, suivant que l'effort commun accommodait l'un ou l'autre œil à la vis distincte de l'objet. Quand l'œil malade, presbyte, s'accommodait avec effort po voir nettement les objets rapprochés, les images étaient d'un tiers environ pl petites que nature, tandis que les images confuses de l'œil sain, qui, dans c circonstances, ne voyait nettement que tout près de lui, conservaient leur gra deur naturelle.

En laissant de côté les hypothèses qui ont été discutées jusqu'ici, il reste encore celles qui placent la cause de l'accommodation dans l'intérieur de l'œ et qui l'attribuent à un changement de la situation ou de la convexité du cri tallin, déterminé par le corps ciliaire (1). Quoiqu'on ne puisse pas refuser posi vement ces hypothèses, il n'est pas possible non plus d'en apporter la preu directe. Et tel est, en général, l'état de la question, que les phénomènes peuve être expliqués de plusieurs manières différentes, sans qu'aucune explication n à l'abri de la critique. Dans cet état de choses, ce qu'il y a de mieux, c'est mettre en relief quelques faits importants qui n'étaient connus d'aucun d auteurs des théories précitées, et qui, s'ils ne nous apprennent rien sur les caus de la faculté d'accommodation, indiquent au moins la connexion intime exista entre elle et d'autres phénomènes. Les recherches que j'ai faites, en 1826, su la vue double et la vue simple, m'ont conduit à découvrir, entre les mouvement de l'œil pour l'accommodation et les mouvements des yeux et des axes visuels eux-mêmes, une liaison non moins intime que celle qui existe entre l'accommo dation et les mouvements de l'iris, ou entre les mouvements de l'iris et ceux des axes visuels. Presque tous ceux qui ont écrit sur les changements internes de l'œil pour rendre la vue distincte aux diverses distances ont négligé d'avoir égard à cette circonstance importante. Porterfield est le seul, parmi les anciens physiciens, qui l'ait prise en considération.

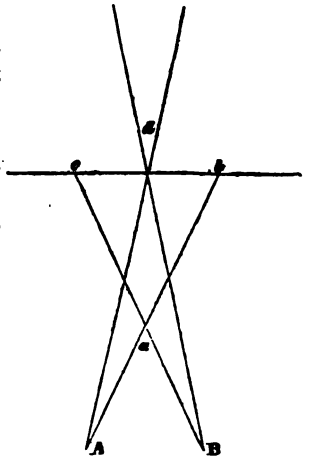
De même que l'iris se rétrécit constamment dans la position des yeux en dedans, et s'élargit dans leur situation en dehors ou dans leur parallélisme, de même aussi, quand l'œil se porte en dedans, il s'accommode involontairement

(1) Hueck, *Die Bewegung der Krystallinse*. Dorpat, 1839. — Burow, *Beitrage zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges*. Berlin, 1842.

ar la vue distincte de près, tandis que, quand les axes visuels s'écartent l'un l'autre jusqu'à redevenir parallèles, l'accommodation change aussi, se dispose ar la vue distincte de loin, et finit même par la rendre possible à la plus grande tance. On sait qu'on voit distinctement un objet lorsqu'on le regarde, c'est-à-dire 'on dirige les deux axes visuels sur lui; mais c'est un fait non moins certain 'on voit un objet indistinctement, et que la faculté d'accommodation se perd, and cet objet est situé hors des axes visuels, alors même que les parties latées de la rétine verraient très bien d'ailleurs. La fausse situation des axes visuels traîne une fausse accommodation, la fausse accommodation détermine une fausse sation des yeux, et les deux mouvements sont absolument liés l'un à l'autre dedans de certaines limites. Si, en voyant un objet, on prend l'accommodation ar une distance plus grande ou moindre, il apparaît double, c'est-à-dire que axes visuels ne se réunissent pas en lui.

Soit, par exemple, *a* l'objet sur lequel les axes des yeux se réunissaient. Si l'on erche à le voir indistinctement, en faisant intervenir l'accommodation pour bjet imaginaire *d*, aussitôt les yeux se dirigent r *d*; c'est pourquoi l'on voit *a* double, car il apraît en *b* pour A, et en *c* pour B. Ces doubles ages de *a* sont aussi indistinctes que le permet ccommodation calculée pour l'objet plus distant A mesure que l'accommodation pour *d* se rapoche de celle pour *a*, les deux images non seulent deviennent plus distinctes, mais encore se pprochent l'une de l'autre, jusqu'à ce qu'elles se nfondent avec l'accommodation pour *a*; les axes uels se croisent alors en *a*. Des deux images, appartient à l'œil opposé A, et *c* à l'œil opé B; aussi *b* disparaît quand on ferme l'œil A, *c* lorsqu'on ferme l'œil B. Constamment les deux ages sont croisées, lorsqu'on établit par force le accommodation pour une distance au delà de bjet *a*. Si, au contraire, *d* est l'objet vers leel les yeux se dirigent, et qu'on fasse intervenir ccommodation pour le point imaginaire *a*, l'objet *d* devient non seulement instinct, mais double, car, avec l'accommodation pour *a*, les yeux se dirigent volontairement aussi sur *a*: *d* se trouve alors sur le côté de l'axe visuel A*b* et r le côté de l'axe visuel B*c*, de sorte qu'il apparaît double et confus. Avec le degré confusion croît la distance des deux images. Celles-ci sont, dans ce cas, situées même côté que l'œil auquel elles appartiennent; la double image de *d* pour A carte de *a* sur le côté de l'œil A, et la double image de *d* pour B s'écarte aussi *a* sur le côté de l'œil B, comme l'indique la figure.

Fig. 128.

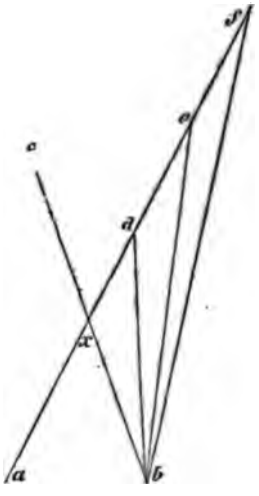


Les effets dont il vient d'être parlé s'entraînent réciproquement, même lorsque n des yeux est couvert, et, par cela même, on parvient à démontrer qu'ils sont pendants l'un de l'autre.

Soient *a* l'œil ouvert, *b* l'œil fermé, *x*, *d*, *e*, *f* des objets placés à diverses dismces sur l'axe visuel de l'œil *a*. Si *a* voit distinctement le point *x*, l'axe visuel,

même de l'œil fermé *b*, est dirigé involontairement sur ce point, et, si l'on découvre l'œil *b*, *x* apparaît simple au point de convergence des deux axes visuels. Si alors l'œil *a* passe de l'état de réfraction pour *x* à d'autres états de réfraction pour des objets plus éloignés de la ligne *af*, par exemple pour *e*, pour *f*, l'œil couvert se dirige involontairement aussi sur *e* ou sur *f*.

Fig. 129.



En revanche, on peut changer l'accommodation en changeant l'inclinaison des axes visuels, et ces changements surviennent non moins simultanément avec l'accroissement ou la diminution de l'inclinaison des axes que le rapetissement ou l'agrandissement de la pupille. Si, par exemple, les axes visuels de *a* et de *b* sont dirigés sur le point imaginaire de l'espace *d*, et qu'en conséquence *x* paraisse double, pour l'œil *a* dans la direction *af*, pour l'œil *b* dans la direction *bc*, les deux images de *x* sont confuses aussi, parce que l'état de réfraction est celui qui convient pour *d*. Si l'axe visuel *af* ne change pas, mais que l'axe visuel *bd* se meuve dans les directions *bc*, *bf*, etc., de manière que l'inclinaison des axes visuels diminue, l'état de réfraction pour *e*, *f*, etc., change aussi, pendant que les deux images de *x* deviennent de plus en plus confuses. L'un des axes visuels, savoir, celui de l'œil ouvert, peut rester sans changement ; mais, si celui de l'œil fermé change secrètement, un changement survient aussi dans l'état d'accommodation de l'œil ouvert (1).

Dans le cas d'objets placés à de grandes distances, comme le changement de l'état de réfraction a enfin une limite, mais que les yeux peuvent prendre toute situation voulue l'un à l'égard de l'autre, il peut survenir des inégalités entre les deux. Ainsi, par exemple, quand on ne regarde la lune que d'un seul œil, l'autre étant couvert par un objet tenu au-devant lui, l'axe de l'œil couvert, malgré l'accommodation pour la distance de la lune, ne se rencontre cependant pas exactement avec celui de l'œil ouvert ; car, si l'on rend la liberté à l'œil couvert, on voit une image double ; mais les deux images des deux yeux ne tardent pas à se réunir, parce que l'oscillation des axes visuels est promptement corrigée. Cette observation, que j'indiquai à quelqu'un, ne lui a point réussi. Je la mentionne de nouveau, parce qu'elle m'a toujours donné le même résultat.

De ces faits il suit que le changement des axes visuels l'un par rapport à l'autre entraîne un changement de l'accommodation, alors même qu'il n'y a que l'œil fermé qui change de position à l'égard de l'œil ouvert. Il en est ici absolument comme pour les mouvements de l'iris ; si l'œil ouvert demeure invariablement dirigé vers un point, et que l'œil fermé se meuve, la grandeur de la pupille subit même dans l'œil ouvert, le changement exigé par la convergence des axes visuels, ce qui fait que la volonté semble avoir de l'empire sur l'iris. Nous avons considéré ailleurs le mouvement de l'iris coïncidant avec celui des axes visuels comme

(1) Porterfield, *A treatise on the eye*. Édimbourg, 1759, t. I, p. 440. — Volkmann, *loc. cit.*, p. 144.

un mouvement associé, parce qu'il ne se manifeste que pendant l'action des muscles pourvus par le nerf oculo-musculaire commun, qui fournit aussi les nerfs moteurs de l'iris, au moyen de la courte racine du ganglion ophthalmique. L'accommodation peut de même être un mouvement associé avec celui des muscles oculaires de dehors en dedans, qui s'est opéré soit par une connexion organique intime dans l'action nerveuse, soit par l'effet de l'habitude. Cependant il est difficile que le mouvement de l'iris associé à celui des axes visuels reconnaisse pour cause une connexion qui soit le fruit de l'habitude.

La volonté exerce aussi quelque peu d'influence sur l'accommodation, sans que les axes des yeux se déplacent nécessairement, et cette circonstance indique que la connexion dont il s'agissait tout à l'heure est secondaire, qu'elle n'agit pas comme cause constante. Plateau a observé sur lui-même qu'on peut, à l'aide d'un effort de la volonté, rendre la vue des objets confuse par changement de l'état de réfraction, sans même modifier la situation des yeux. J'avais déjà remarqué qu'il nous arrive quelquefois de ne parvenir que très imparfaitement, malgré tous nos efforts, à rendre la vue confuse sans production d'images doubles ; mais je me souvenais fort bien que, même alors, les images doubles existent, que seulement elles se couvrent en partie. Des expériences que j'ai faites depuis me déterminent à adopter pleinement l'opinion de Plateau, c'est-à-dire à penser que, quelle que soit la liaison qui existe entre l'état de réfraction de l'œil et le changement de l'inclinaison des axes visuels, cependant, à force d'exercice, on réussit, sans rien changer à la direction des axes visuels sur un objet, à rendre la vision de ce dernier confuse par changement volontaire de l'état de réfraction, en remplaçant celui-ci par un autre qui soit en rapport avec une autre distance. Dans cette confusion apportée à la vision, l'iris change aussi, comme l'a fait voir Plateau, car la pupille grandit avec l'état de réfraction pour la vision distincte de loin, et diminue avec celui pour la vision distincte de près. Ce serait un exemple de mouvement presque purement volontaire de l'iris, en tant qu'ici le mouvement n'est du moins pas lié au mouvement volontaire des muscles oculaires en dedans et en haut.

Mais ici encore, comme dans tous les phénomènes qui ont été décrits précédemment, le mouvement de l'iris et le changement de l'état de réfraction se montrent unis l'un à l'autre par les liens les plus intimes, et cependant nous ne sommes point autorisés à attribuer au mouvement de l'iris une influence, même indirecte, sur l'accommodation. On a déjà présumé que le mouvement de l'iris peut agir aussi sur le corps ciliaire, et par suite sur la situation du cristallin, parce que le corps ciliaire adhère avec force au pourtour extérieur de la face postérieure de la membrane. Cependant cette hypothèse peut être réfutée d'une manière formelle ; car les changements de l'iris sont déterminés aussi par la lumière. Mais nous voyons un objet distinctement, qu'il soit fortement éclairé et par conséquent la pupille rétrécie, ou que l'œil soit dans l'ombre et la pupille large (1). Donc, ce qu'il y a de plus vraisemblable encore, c'est que l'accommodation dépend d'un organe qui se meut facilement avec l'iris, mais qui peut néanmoins en être indépendant jusqu'à un certain point. En raisonnant par voie d'exclusion, on est porté à croire que cette faculté appartient au corps ciliaire, et lui permet d'influer sur la situation du cristallin, mais nous manquons de preuves établissant que ce corps possède la contractilité.

(1) Volkmann, *loc. cit.*, p. 156.

D'après les observations de Young et de Volkmann, la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances est diminuée par l'extraction du cristallin dans l'opération de la cataracte.

IV. Myopie et presbytie; moyen d'y remédier; lunettes.

1. *Défaut de netteté des objets trop rapprochés. Effets des diaphragmes.*

La vue distincte au plus grand rapprochement possible des objets a des limites chez tous les hommes (1). Les objets qui ne sont éloignés de l'œil que d'un à trois pouces, ou moins encore, ne produisent plus d'image nette, parce que la réunion de leurs rayons lumineux tombe, chez tous les hommes, derrière la rétine. Si les objets sont petits, ils ne donnent lieu qu'à une espèce de nébulosité, à travers laquelle on en aperçoit d'autres plus éloignés, quoique le petit objet, ainsi tenu devant l'œil, couvre la partie moyenne de la pupille. La vue des objets éloignés à travers la nébulosité des objets proches tient à ce que, quoique le petit corps arrête ceux des rayons du corps éloigné qui devraient traverser le centre de la pupille, il en laisse cependant passer, sur ses bords, qui parviennent au fond de l'œil. De là résulte qu'une condition nécessaire pour qu'un objet lointain soit aperçu à travers la nébulosité d'un corps tenu très près de l'œil, c'est que ce dernier soit plus petit que la pupille, afin de laisser passer les rayons marginaux de l'autre. Dans le cas même où le corps le plus proche couvre presque entièrement la pupille, les rayons périphériques du cône lumineux du corps éloigné n'en passent pas moins par inflexion sur ses bords, pénètrent dans l'œil, et y produisent une image.

On voit aussi un objet éloigné au moyen des rayons qui traversent le pourtour extérieur du cristallin, lorsqu'il passe au bord d'un autre corps tenu devant l'œil. Il est connu que, quand, tandis qu'on regarde un corps placé à une certaine distance, un second passe plus près que lui, au-devant de l'œil, d'un côté à l'autre, le premier se déforme un peu, et semble s'élargir, dès que le bord du second s'approche de lui. Cet effet paraît tenir en partie à ce que le corps éloigné est vu par les rayons marginaux du cristallin, en partie aussi à l'inflexion que la lumière subit au bord du corps intermédiaire.

La nébulosité que les petits objets très rapprochés produisent, au lieu d'une image, est d'autant plus grande que la pupille a plus de largeur; car, comme le cercle de diffusion pour chaque point de l'objet est un segment du cône lumineux qui traverse la pupille, ce cercle doit aussi avoir d'autant plus d'étendue que la pupille est plus large. Mais la nébulosité d'un objet tenu tout auprès de l'œil, par exemple d'une épingle, est due aux cercles de diffusion superposés de tous les points de l'image. Ceci nous explique quelques phénomènes intéressants. Si l'on tient une épingle à une telle distance de l'œil, qu'elle produise encore une image mais une image nébuleuse, la grandeur de cette nébulosité est plus ou moins considérable suivant que l'œil se trouve éclairé ou dans l'ombre, c'est-à-dire suivant que l'iris s'élargit ou se resserre. On a là une excellente occasion de voir le mouvement de l'iris de son propre œil dans un phénomène de vision.

Mais il y a aussi des circonstances où l'on voit distinctement encore, même

(1) Voy. Heeck, dans Mueller's *Archiv*, 1840, p. 82, 97.

orsque les objets sont très rapprochés de l'œil, et où ces objets paraissent très grossis, bien qu'on n'emploie pas de verres d'optique: c'est ce qui arrive toutes les fois qu'on regarde un objet très rapproché à travers un petit trou fait à une carte. Henle, qui s'est beaucoup occupé de ce phénomène, a appelé mon attention sur lui et sur les causes dont il dépend. Lecat (1), Monro et Priestley (2) le connaissaient. Si l'on tient une page d'écriture tout près de l'œil, on ne distingue aucune lettre; mais, si, la distance restant la même, on regarde à travers un trou fait avec une épingle à une feuille de papier tenue immédiatement devant l'œil, sur-le-champ on distingue très bien l'écriture, et les lettres paraissent fortement grossies, ainsi que leurs intervalles blancs. On pourrait croire que la netteté de la vision tient à ce que l'étroite ouverture isole les rayons centraux des objets rapprochés, et à ce qu'en vertu de la plus grande densité du noyau du cristallin, ces rayons sont amenés plus tôt à la convergence (tandis que si la densité de la lentille était la même partout, ils se réuniraient plus tard que les rayons marginaux). Mais alors la grandeur des objets ne devrait pas croître. Si l'on objecte que leur grossissement n'est qu'apparent, parce qu'en voyant sans l'ouverture de la carte l'écriture tenue proche de l'œil, on aperçoit seulement le noyau des images par diffusion, sans tenir compte de la grandeur entière des images, cette objection sera facile à réfuter en comparant les images simultanées des deux yeux, dont l'un regarde librement les lettres très rapprochées de lui, tandis que l'autre les aperçoit à travers le trou de la carte; car les caractères et les blancs paraissent bien plus grands à celui-ci, et, comme on voit les deux images à côté l'une de l'autre, on reconnaît qu'un même espace qui renferme trois lignes dans l'une, n'en contient que deux dans l'autre. Lecat et Priestley attribuent le phénomène à l'inflexion de la lumière aux bords de l'ouverture de la carte, et Lecat se fonde sur le changement éprouvé par le contour d'un objet éloigné qu'on vise au bord d'une baguette: le bord du corps éloigné s'élargit, en effet, lorsqu'on fait passer la baguette devant. Il est possible certainement d'expliquer par l'inflexion la netteté avec laquelle on distingue, à travers l'ouverture d'une carte, les objets très rapprochés de l'œil. Quand elle subit ce qu'on appelle l'inflexion, ou mieux la diffraction, la lumière s'écarte des deux côtés de sa direction: la partie extérieure des rayons infléchis au bord de l'ouverture de la carte tombe encore plus loin, derrière la rétine, que ne le font les objets très rapprochés: ces rayons ne produisent donc plus du tout d'image; la partie interne des rayons infléchis au bord de l'ouverture arrive plus tôt à la convergence, ne tombe par conséquent plus derrière la rétine, mais sur elle, et cela explique la netteté de l'image, malgré la faible quantité de lumière qui y contribue. On n'entrevoit pas bien, dans cette théorie, à quoi tient le grossissement de l'image.

On peut, avec Henle, donner une autre explication du phénomène (3). Soient *ab* le corps tenu immédiatement devant l'œil, A B les milieux réfringents, C la rétine. Le cône lumineux du point *b* se réunit en *e*, et celui du point *a* en *f*. Donc *be* est le rayon principal du cône lumineux de *a*. Les points de réunion *e* et *f* sont situés en arrière de la rétine, parce que l'objet est trop proche. *b* est donc vu avec

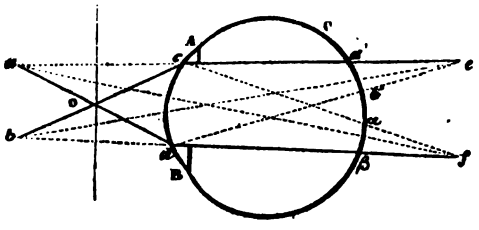
(1) *Traité des sens*, Paris, 1767, t. II, p. 305.

(2) *Geschichte der Optik*, p. 391.

(3) *Voy.* R. Hasenclever, *Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne*. Berlin, 1842, p. 77.

le cercle de diffusion $a'b'$, et a avec le cercle de diffusion $a\beta$. Si maintenant on interpose entre l'objet et l'œil une carte percée de la petite ouverture o, les cônes lumineux sont réduits aux faisceaux bc et ab, qui traversent l'ouverture o. L'image de b est donc vue sans cercle de diffusion en d', et celle de a, également sans cercle de diffusion, en β. L'inflexion peut concourir à l'effet, et faire que le faisceau lumineux filiforme qui traverse l'ouverture de la carte ne représente qu'un point sur la rétine. L'image paraît plus grande, parce que la distance des rayons périphériques a' et β des deux cônes est plus considérable que celle des rayons principaux des deux cônes.

Fig. 130.



2. *Myopie, presbytie. Lunettes et optomètres.*

Certains hommes n'ont pas la faculté de produire des changements dans leur œil pour l'accommoder aux distances, ou du moins n'en ont qu'une si bornée, qu'ils ne distinguent les objets qu'à une distance déterminée; ils sont myopes ou presbytes. Il est impossible de prouver à ces individus que l'œil possède réellement cette faculté; tel était probablement le cas de Treviranus et d'autres encore. La myopie s'observe surtout pendant le milieu de la vie. On rencontre plus fréquemment la presbytie chez les personnes âgées. Ces défauts de la vision sont souvent attribués aux milieux réfringents, à la forme de la cornée; et, en effet, la cornée des vieillards est plus aplatie que celle des jeunes gens; mais c'est dans l'enfance que cette membrane a le plus de convexité, et cependant, comme le fait remarquer Volkmann, il n'est pas rare de trouver des enfants qui soient myopes. La myopie et la presbytie paraissent bien plutôt avoir leur cause prochaine dans le défaut du pouvoir d'accommodation, ou dans la grande faiblesse de cet acte d'énergie musculaire; car, naturellement, l'œil ne voit d'une manière distincte qu'à une certaine distance, la plus appropriée à la forme de ses milieux réfringents. Ce qui prouve que la myopie et la presbytie dépendent surtout d'une modification ou de la perte de la faculté d'accommoder l'œil aux distances, c'est qu'on peut se rendre méthodiquement myope en négligeant les occasions de voir de loin (1). Les enfants qui rapprochent trop la tête du papier en lisant et écrivant, deviennent myopes. L'usage constant du microscope rend myope, et détermine souvent une myopie passagère, qui dure quelques heures. A cet égard, les lunettes nuisent, en déshabituant l'œil de s'accommoder aux distances.

Il arrive quelquefois que les deux yeux ont, pendant la vie entière, un état moyen de réfraction différent, quoiqu'on ne remarque pas toujours alors de diffé-

(1) Ware n'a trouvé presque aucun myope parmi 10,000 soldats anglais; il n'en a rencontré que 3 parmi 1,300 enfants, tandis que 127 étudiants lui en ont offert 32 exemples. Holke (*Disquis. de acie oculi dextri et sinistri*, Leipzick, 1830) a trouvé, chez 14,075 personnes de tout age, sexe et condition, 6,379 myopes, 5,685 presbytes, et 2,011 vues faibles, ce qui, sur 100, donne, pour la myopie 45,32, pour la presbytie 40,39, et pour l'amblyopie 14,29. En combi-

nce entre leurs pupilles. Ce défaut d'harmonie peut être l'effet de l'habitude ntractée de ne regarder les objets proches qu'avec un seul œil, de l'usage du icroscope, et autres circonstances semblables. La cause qui y donne lieu le plus pidement est la narcotisation d'un œil par le moyen de quelques gouttes d'une lution d'extrait de belladone qu'on y instille. Dans tous ces cas, les deux yeux, algré l'inégalité de leur état moyen de réfraction, ou de leur portée moyenne, ssèdent cependant encore la faculté de s'accommoder aux distances; l'accommo- ation volontaire de l'un d'eux agit aussi sur l'autre, mais les deux organes n'en emeurent pas moins inégaux.

1 Supposons que les deux séries ci-contre de chiffres expriment l'accom-
2 modation dans les deux yeux; l'accommodation 1 a lieu dans l'œil B en
3 1 même temps que l'accommodation 3 dans l'œil A. Si A s'élève jusqu'à 5,
4 2 B monte d'autant, mais ne va que jusqu'à 3. Avec l'accommodation de 1
5 3 l'œil A voit distinctement les objets éloignés, tandis que B ne distingue rien.
6 4 Il peut se faire que tous deux ensemble voient distinctement en dedans
7 5 d'une certaine limite, l'image nébuleuse de l'un ne troublant pas l'image
8 6 de l'autre, et toutes deux se couvrant; mais, dans l'état de réfraction ap-
9 7 proprié aux objets rapprochés, l'œil demeure en jouissance de toute sa
10 8 faculté visuelle, qu'il n'avait pas pour les objets éloignés. Peut-être A a-t-il
9 atteint en 10 la limite de la portée de sa vue, tandis que B distingue encore
10 avec 11 et 12. L'inégalité de l'état de réfraction est, chez certaines per-
11 sonnes, la cause qui fait qu'elles commencent à loucher, parce qu'elles em-
12. ploient de préférence l'œil qui a la portée moyenne, la plus commode pour
B. l'usage, et négligent l'autre, dont l'image ne les trouble point. De là, quand

it de diverses manières les observations de Holke, Valentin est arrivé, entre autres, aux ré- tats suivants, relativement à la proportion, en centièmes, des myopes, presbytes et amblyopes, vant les âges, les sexes et les professions :

	Age.	Myopes.	Presbytes.	Amblyopes.
Garçons.	8 — 16 ans.	66,67	12,82	20,51
Filles.	8 — 16	82,15	10,71	7,14
Hommes.	16— 60	39,44	44,54	16,02
Femmes.	16 — 60	18,56	48,92	32,51
Hommes.	60 — 90	13,88	47,49	13,88
Femmes.	60 — 90	9,50	25,14	65,36
Savants.	16 — 60	73,52	22,62	3,86
Id.	60 — 90	29,21	40,91	29,88
Artistes.	16 — 60	22,88	62,70	12,42
Id.	60 — 90	19,44	38,89	19,44
Marchands.	16 — 60	53,54	38,59	7,87
Id.	60 — 90	3,85	50,00	46,15
Chasseurs.	16 — 60	11,11	74,24	14,65
Id.	60 — 90	8,94	33,93	57,13
Artisans.	16 — 60	9,78	57,98	32,24
Id.	60 — 90	8,00	42,00	62,67

Ainsi, la myopie diminue beaucoup avec l'âge dans les deux sexes, d'un tiers environ chez l'homme, de moitié chez les femmes. Il en est de même pour les diverses professions.

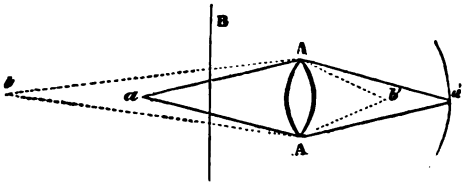
(*Note du trad.*)

l'homme, dont les deux yeux ont la même portée, regarde un objet avec un œil garni de lunettes, les axes des deux organes ne se réunissent point sur cet objet, et il voit souvent double, comme il arrive lorsqu'on se sert de lunettes dont les verres sont d'inégale force. Les doubles images produites par la non-réunion des axes optiques sur l'objet s'éloignent encore davantage quand l'état de réfraction d'un des yeux vient à être changé par l'extrait de belladone, cas dans lequel, à une certaine portée de l'un des yeux, l'image de l'autre flotte à côté de la sienne, faible et confuse. La cause de ce dédoublement se déduit sans peine de ce que j'ai dit à la fin de l'article précédent. L'état de réfraction influe sur la situation des axes des yeux. La manière dont l'image de l'œil qui voit faiblement perd son influence perturbatrice sera exposée plus loin, quand nous aurons appris à connaître les faits qui prouvent que les champs des deux yeux se trouvent dans une sorte de lutte, qui fait que l'activité nerveuse peut pencher tantôt du côté de l'un, tantôt du côté de l'autre, et la domination osciller entre eux deux.

Il faut maintenant présenter quelques remarques relativement à la manière dont les lunettes corrigent la myopie et la presbytie. L'œil presbyte est corrigé par des verres convexes, et l'œil myope par des verres concaves. Dans le premier, les rayons des objets éloignés se réunissent sur la rétine ; mais les rayons des objets voisins, et surtout très rapprochés, dont la réunion a lieu plus tard, ne convergent que derrière cette membrane. Un verre convexe remédie à ce vice, parce qu'il rapproche le point de convergence des rayons envoyés par les objets proches, et le fait tomber sur la rétine elle-même. Dans l'œil myope, c'est l'inverse : les rayons des objets rapprochés se réunissent sur la rétine, et produisent une image nette; mais ceux des objets éloignés, dont le foyer est placé à une moindre distance que celui des autres, se réunissent au-devant de la membrane, sur laquelle ils projettent des cercles de diffusion. Un verre concave fait disparaître ce défaut, en dispersant davantage les rayons lumineux, d'où résulte qu'ils se réunissent plus tard, et par conséquent sur la rétine.

La figure ci-dessous représente les milieux réfringents d'un œil myope. Les rayons lumineux de l'objet rapproché *a* se réunissent sur la rétine *a'*; ceux de l'objet éloi-

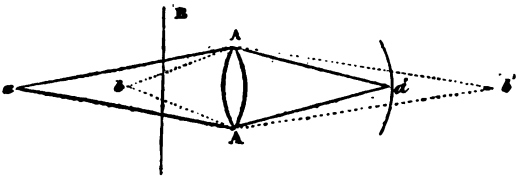
Fig. 131.



gné *b* convergent au-devant de cette membrane, en *b'*. Un verre concave B ramène les rayons A*b'*, A*b'*, dans la direction de A*a'* et A*a'*, ce qui fait que l'objet éloigné *b* se trouve vu distinctement en *a'*.

Supposons que AA soient les milieux réfringents d'un œil presbyte : l'objet éloigné *a* réunira sa lumière en *a'*, c'est-à-dire sur la rétine; mais celle de l'objet rapproché *b* convergera en *b'*, derrière cette membrane. Le verre convexe B fait

Fig. 132.



verger davantage les rayons de l'objet rapproché *b*, de manière qu'ils se réu-ent, non plus en *b*, mais en *a'*, c'est-à-dire sur la rétine.

.'optomètre, instrument fondé sur l'expérience de Scheiner, sert à déterminer ortée moyenne de la vue de l'homme. On voit, en effet, à quelle distance un t objet peut être aperçu simple, d'un seul œil, à travers deux trous de carte t l'éloignement est moindre que la largeur de la pupille. Ou bien on voit à quelle ance la double image d'un fil aperçu à travers les deux trous se croise ou se nit. C'est là ce qu'on appelle la portée moyenne de la vue. En avant comme en ière, un objet qu'on regarde à travers les deux ouvertures, paraît double, c'est-ire que son image tombe devant ou derrière la rétine. Cependant l'optomètre Young (1) ne procure jamais qu'un résultat imparfait, parce que la diffraction e la lumière éprouve en passant sur les bords des petites ouvertures donne lieu les phénomènes d'inflexion.

3. *Changement de la portée de la vue par les verres grossissants.*

Examinons maintenant l'influence que les verres propres à grossir l'image exer-nt sur la portée de la vue. Les plus simples de ces instruments sont les loupes i microscopes. Lorsqu'on tient un petit objet très près de l'œil, il paraît fort gros, ais tout est confus, parce que la convergence des rayons lumineux a lieu derrière rétine. L'effet d'une lentille placée entre l'objet et l'œil est de raccourcir la dis-nce à laquelle ces rayons se réunissent. Si, en plaçant convenablement la lentille, i parvient à les faire converger sur la rétine, tous les détails deviennent nets, et bjet apparaît sous le volume qu'il semblait avoir lorsqu'on le tenait, sans loupe, nmédiatement devant l'œil. Dans ce cas, le grossissement n'est qu'apparent; il ésulte uniquement du grand voisinage de l'objet, et l'effet de la lentille se réduit à ndre la vue distincte malgré un rapprochement qui augmente le volume. Avec le lescope et le microscope, l'image ne tombe plus dans l'œil, mais au-devant de i : les rayons lumineux se réunissent là pour la produire; mais ils ne sont pas çus, ils continuent leur route en divergeant, absolument comme si l'objet d'où s sont partis en divergeant se trouvait sur ce point. C'est là-dessus que reposent et grossissement et la netteté des images; car l'angle optique d'une image qui flotte evant l'œil est plus grand que celui de l'objet lui-même. Si l'image flottante evant l'œil occupe la distance de la vision distincte (8 lignes), l'objet, en même emps qu'il est grossi, se dessine avec autant de netteté qu'en peuvent avoir les bjets vus à la distance de la vision distincte la plus naturelle.

(1) *Philos. Trans.*, 1801, p. I, p. 35. — *Voy.* la description et la figure de l'optomètre de Kampfer, dans le dictionnaire de Gehler, 1836, t. VIII, p. 751, pl. 15, fig. 319.

Les télescopes servent à grossir et faire apercevoir plus nettement les objets fort éloignés; les microscopes remplissent le même office à l'égard des objets rapprochés. Le nombre des verres qui entrent dans leur composition varie beaucoup. Si, derrière le premier, il s'en trouve un second, celui-ci change l'image et son lieu, ou bien, quand l'image du premier verre tombe devant le second, elle tient la place d'un objet pour le second verre. L'image du second peut également être changée par un troisième, ou lui servir d'objet. Le verre qui reçoit la lumière de l'objet même se nomme objectif, et celui qui est tourné vers l'œil porte le nom d'oculaire. Dans le microscope, l'image physique produite par une ou plusieurs lentilles est vue à travers l'oculaire, comme un objet l'est à travers une loupe. La clarté de l'image dépend de la quantité de lumière que l'objectif reçoit de l'objet, ou, dans le microscope, de celle qui est projetée sur l'objet par l'éclairage artificiel. Si cette quantité de lumière avec laquelle l'image de l'objet apparaît dans le télescope et le microscope est plus grande ou plus petite que celle que l'objet projette dans la pupille de l'œil sans l'instrument, la clarté de l'image est plus grande ou plus petite que quand on voit l'objet à nu. Le télescope rend l'image plus claire que l'objet lui-même, parce que l'objectif reçoit de celui-ci, et emploie pour former l'image, plus de lumière qu'il n'en arrive à la pupille quand on regarde l'objet à la vue simple.

V. Chromasie et achromasie de l'œil (1).

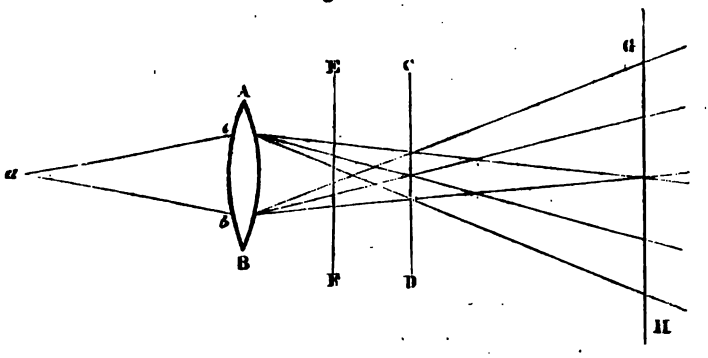
1. *Lentilles chromatiques.*

Quoique les rayons d'un objet éclairé, réfractés par une lentille, produisent, quand on a évité l'aberration de sphéricité, une image nette dès qu'ils sont reçus à la distance focale de celle-ci, cependant la netteté n'est parfaite qu'autant qu'il s'agit d'une lumière colorée homogène; car une réunion absolue de la lumière blanche sur un point, par réfraction, est impossible sans secours étranger, même en ayant soin d'éviter l'aberration de sphéricité, parce que les rayons colorés contenus dans cette lumière n'ont pas la même réfrangibilité, et par conséquent ne convergent pas tous à la même distance.

Soient *a* le point lumineux, et AB la lentille, les rayons colorés contenus dans le cône lumineux *abc* sont inégalement réfractés, de manière que, par exemple, les rayons violets, qui sont les plus réfrangibles, se réunissent les premiers, puis les jaunes, et en dernier lieu les rouges. Quelque concentrée que puisse être la lumière, au lieu d'un point coloré, on aura en CD un cercle de diffusion, dont le milieu sera blanc, parce que les rayons colorés s'y couvrent, et dont les bords paraîtront purpurins, parce que les limites extrêmes des rayons violet et rouge s'y feront sentir. Le phénomène de coloration croîtra si l'image est reçue, non pas à la distance CD, mais en avant ou en arrière d'elle, soit en EF, soit en GH. Que l'image soit reçue, par exemple, en EF, les rayons rouges les plus extérieurs, qui ne sont couverts par aucun autre rayon coloré, forment un cercle rouge, et les rayons jaunes extérieurs, qui ne sont couverts que de rouge, en forment un orangé contenu dans le rouge,

(1) Mueller, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 195, 414. — Tourtual, dans Meckel's *Archiv*, 1830, p. 129.

Fig. 133.



itour d'un centre incolore correspondant à l'endroit où se couvrent les cônes des fférents rayons colorés. Si l'image est reçue en GH, les rayons violets les plus ctérieurs, qui ne sont pas couverts, forment le cercle coloré le plus extérieur; ɔrès eux viennent, en dedans, les rayons bleus, qui, pour la réfrangibilité, les ıivent immédiatement; le milieu est blanc.

Lorsque les rayons qui traversent une lentille sont reçus à la distance focale de image, le phénomène de coloration se réduit à très peu de chose, et c'est à peine les bords de l'image blanche sur un fond obscur offrent une légère teinte purine. Mais plus l'écran qui reçoit l'image s'éloigne de la distance focale de celle-i, plus la bordure colorée et les cercles de diffusion de l'image blanche augnentent (1).

2. *Lentilles achromatiques.*

Quand les couleurs ont été séparées par un prisme, on peut les ramener à la onvergence par un second prisme de même substance et de même angle réfrinent que le premier, mais tourné en sens inverse. Les deux prismes, pris ensemble, ɔrment un milieu réfringent à plans parallèles, d'où les rayons lumineux sortent, omme s'ils avaient traversé une table de verre, sous des angles égaux à ceux de eur incidence. Cependant Dollond a découvert que le pouvoir de disperser les ouleurs n'est point proportionnel au pouvoir réfringent, et qu'il y a des milieux qui éfractent fortement la lumière et la dispersent peu, et *vice versa*. Cette remarque fait naître l'idée de construire des prismes achromatiques en unissant ensemble les prismes dont le pouvoir dispersif et le pouvoir réfringent fussent différents. Un ɪrisme de crown, uni à un prisme de flint ayant le même angle réfringent, dévie lavantage les rayons parallèles incidents, mais ne les laisse pas sortir incolores, comme il arrive à deux prismes de crown ayant le même angle réfringent que l'on ınit ensemble : loin de là, les rayons sont décomposés par l'excès du pouvoir dispersif du flint. Mais, si l'on diminue assez l'angle réfringent du prisme de flint pour que les deux prismes dispersent la lumière avec la même force, l'un des verres détruit l'effet de l'autre quant à la mise en évidence des couleurs, tandis que la

(1) Kunzek, *Die Lehre vom Lichte*, p. 157.

simple réfraction de la lumière persiste. Un prisme achromatique se compose d'un prisme de crown ayant un angle réfringent de trente degrés et d'un prisme de flint dont l'angle réfringent soit de dix-neuf degrés. On conçoit d'après cela la construction de doubles lentilles achromatiques qui détruisent réciproquement leur effet dispersif. Au reste, la double lentille achromatique la plus parfaite ne garantit pas de toute apparition de couleur, quand on ne reçoit pas l'image à sa distance focale, et l'on aperçoit des anneaux colorés dans les meilleurs télescopes, lorsque l'oculaire est porté au delà des limites de la vision distincte (1).

3. *Achromasie de l'œil.*

L'œil de l'homme est achromatique, tant que l'image est reçue à sa distance focale, ou tant que l'œil s'accommode à la distance de l'objet. On ne peut pas dire précisément quelle est la cause de l'achromasie; mais la construction optique de l'organe en démontre la possibilité. En effet, les milieux réfringents diffèrent les uns des autres par leur force réfringente, par leur convexité, et par leur constitution chimique. L'un est le cristallin, qui a deux convexités inégales, le second la cornée avec l'humeur aqueuse. Celle-ci, réunie à la cornée, forme une lentille convexo-concave dont la force réfringente n'est pas la même que celle du cristallin. Peut-être le pouvoir dispersif des deux milieux réfringents n'est-il pas proportionnel à leur puissance réfractive, et l'achromasie dépend-elle de là. Les objectifs doubles chromatiques et aplanatiques qu'indique Herschel jeune ont une ressemblance éloignée avec les milieux réfringents de l'œil pour la forme et la composition. Ils consistent en une lentille antérieure biconvexe, de crown, dont les demi-diamètres sont inégaux et dont la face la plus convexe regarde en dehors, et en une lentille postérieure convexo-concave, de flint, dont le côté concave est tourné vers la précédente.

4. *Chromasie de l'œil.*

C'est par erreur qu'on attribue une achromasie complète à l'œil humain. Une chromasie s'y montre plus ou moins prononcée dès que l'image ne se trouve point placée à la distance focale. Les bandes colorées qui naissent à travers les milieux réfringents de notre œil, et qu'on peut jusqu'à un certain point produire volontairement, paraissent avoir été observées la première fois par Scheiner (2). Pour les étudier sur soi-même, il faut regarder un champ blanc sur un fond noir, ou un champ noir sur un fond blanc, en tenant l'œil fixé sur un objet rapproché ou éloigné; en agissant ainsi, le champ est vu d'une manière indistincte, avec des cercles de diffusion, et, d'après des raisons qui seront indiquées plus loin, il se développe en deux images doubles, qui s'éloignent d'autant plus l'une de l'autre que les axes des

(1) Kunzek, *loc. cit.*, p. 172, 177.

(2) *Cons.* à ce sujet Comparetti, *Observationes dioptricæ et anatomicæ comparatæ de coloribus apparentibus visu et oculo.* Padoue, 1798. — *Voy.* aussi un mémoire sur les phénomènes physiologiques de coloration dans Schweigger's *Journal der Chemie und Physik*, t. XVI. — Muellen, *Zur Physiologie des Gesichtssinnes.* Leipzick, 1826, p. 194, 204. — Tourtual, dans Meckel's *Archiv*, 1830, p. 145, 177. — Niedt, *De dioptricis oculi coloribus ejusque polyopia.* Berlin, 1842, p. 8, 36. — L. Vallée, *Théorie de l'œil.* Paris, 1843.

t s'écartent davantage du champ regardé. Au commencement de l'expé-ce, on ne les remarque point; mais, avec de l'exercice et de la patience, on ient à reconnaître la bordure colorée extrêmement étroite qui entoure les mps. Le moyen le plus facile d'arriver à la vue indistincte d'un objet est de r les axes des yeux sur un corps ou un point idéal de l'espace beaucoup plus proché ou beaucoup plus éloigné : aussi ce procédé est-il celui à l'aide duquel aperçoit le plus aisément les bandes colorées. Cependant, lorsqu'on s'y est rcé pendant longtemps, on peut aussi produire à volonté la vue indistincte avec seul œil, l'autre étant fermé, en faisant intervenir l'état de réfraction qui cor-pondrait à un point plus éloigné ou plus rapproché dans l'espace : par là on ine lieu aux bandes colorées avec un seul œil, et sans avoir d'images doubles de ojet. Voici quels sont les résultats de mes propres observations.

1° Si l'on considère d'un seul œil un champ blanc sur un fond noir, de manière e l'état de réfraction corresponde à un point plus éloigné que le champ, le champ nc qu'on aperçoit confusément sur le fond noir paraît entouré d'une légère et oite bande colorée, dont les couleurs sont, du blanc au noir, le violet, le bleu, jaune et le rouge. La plupart du temps, il n'y a que le bleu et le jaune qui soient peu prononcés.

2° Si l'on contemple un champ blanc sur un fond noir, de manière que l'état réfraction corresponde à un objet plus rapproché que celui qu'on regarde, les ndes colorées de l'image confuse sont aussi rouges, jaunes, bleues et violettes, ais en sens inverse, le violet et le bleu se trouvant du côté du noir, le jaune et le nge du côté du blanc.

Si l'on se sert des deux yeux, et que, par conséquent, on ait des images doubles, succession des couleurs est la même que dans le premier cas quand les axes se oisent derrière l'objet de la double apparition, et le même que dans le second sque les axes se croisent au-devant de l'objet.

Les bandes colorées subissent une altération par la procidence des images sub-tives secondaires au bord de l'image objective, quand l'œil exécute un léger ouvement de côté. L'image subjective secondaire d'un champ noir sur un fond inc est blanche, celle d'un fond noir est grise, et celle d'un fond coloré offre la uleur complémentaire opposée. Quand on regarde un champ pendant longtemps, nage secondaire ou physiologique couvre l'image subjective; mais, si l'on nne à l'œil un très petit mouvement sur le côté, le bord de l'image physiolo-jue apparaît au bord de l'objective. Ces bandes, qui ne paraissent que du côté rs lequel l'œil se porte, doivent être bien distinguées des bandes colorées diop-ques, qui sont objectives, et qui ont leur source dans les milieux réfringents de eil. Comparetti a décrit les deux phénomènes mêlés ensemble. La vision de bandes lorées a, comme on voit, des causes entièrement objectives dans l'œil, et, pour ce ui le concerne, il ne faut pas songer à ces changements dans la rétine dont parlent rtains traités de pathologie. Lorsque le phénomène a lieu pathologiquement, il t la suite, non d'un changement dans l'acte de la vision, mais d'un changement ns le pouvoir qu'a l'œil de s'accommoder aux distances. Certaines personnes se aignent de voir des bandes colorées, quoique leur faculté visuelle n'ait subi aucune tération, et qu'il n'y ait chez elles aucune tendance, soit à l'amblyopie, soit à la taracte. Ici se rangent aussi les lignes rouges qui se peignent autour des carac-

D'après les observations de Young et de Volkmann, la faculté qu' s'accommoder aux distances est diminuée par l'extraction du cristallin ration de la cataracte.

IV. Myopie et presbytie; moyen d'y remédier; lunettes.

1. *Défaut de netteté des objets trop rapprochés. Effets des diaphragm*

La vue distincte au plus grand rapprochement possible des objets a d chez tous les hommes (1). Les objets qui ne sont éloignés de l'œil que d pouces, ou moins encore, ne produisent plus d'image nette, parce q nion de leurs rayons lumineux tombe, chez tous les hommes, derrière Si les objets sont petits, ils ne donnent lieu qu'à une espèce de nébulo vers laquelle on en aperçoit d'autres plus éloignés, quoique le petit c tenu devant l'œil, couvre la partie moyenne de la pupille. La vue des gnés à travers la nébulosité des objets proches tient à ce que, quoiq corps arrête ceux des rayons du corps éloigné qui devraient traverser l la pupille, il en laisse cependant passer, sur ses bords, qui parviennen de l'œil. De là résulte qu'une condition nécessaire pour qu'un objet lo aperçu à travers la nébulosité d'un corps tenu très près de l'œil, c' dernier soit plus petit que la pupille, afin de laisser passer les rayons de l'autre. Dans le cas même où le corps le plus proche couvre presqu ment la pupille, les rayons périphériques du cône lumineux du corps é passent pas moins par inflexion sur ses bords, pénètrent dans l'œil, et y une image.

On voit aussi un objet éloigné au moyen des rayons qui traversent l extérieur du cristallin, lorsqu'il passe au bord d'un autre corps tenu d Il est connu que, quand, tandis qu'on regarde un corps placé à u distance, un second passe plus près que lui, au-devant de l'œil, d l'autre, le premier se déforme un peu, et semble s'élargir, dès que second s'approche de lui. Cet effet paraît tenir en partie à ce que le co est vu par les rayons marginaux du cristallin, en partie aussi à l'infle lumière subit au bord du corps intermédiaire.

La nébulosité que les petits objets très rapprochés produisent, au image, est d'autant plus grande que la pupille a plus de largeur ; car, cercle de diffusion pour chaque point de l'objet est un segment du cône qui traverse la pupille, ce cercle doit aussi avoir d'autant plus d'éte pupille est plus large. Mais la nébulosité d'un objet tenu tout auprès d exemple d'une épingle, est due aux cercles de diffusion superposés points de l'image. Ceci nous explique quelques phénomènes intéressa tient une épingle à une telle distance de l'œil, qu'elle produise encore mais une image nébuleuse, la grandeur de cette nébulosité est plus ou sidérable suivant que l'œil se trouve éclairé ou dans l'ombre, c'est-à- que l'iris s'élargit ou se resserre. On a là une excellente occasion de v vement de l'iris de son propre œil dans un phénomène de vision.

Mais il y a aussi des circonstances où l'on voit distinctement enc

(1) *Voy.* Hueck, dans Muellen's *Archiv*, 1840, p. 82, 97.

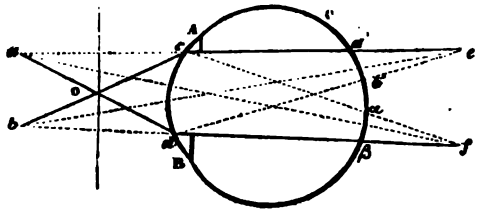
s objets sont très rapprochés de l'œil, et où ces objets paraissent très
en qu'on n'emploie pas de verres d'optique: c'est ce qui arrive toutes
'on regarde un objet très rapproché à travers un petit trou fait à une
le, qui s'est beaucoup occupé de ce phénomène, a appelé mon attention
ur les causes dont il dépend. Lecat (1), Monro et Priestley (2) le con-
Si l'on tient une page d'écriture tout près de l'œil, on ne distingue
re; mais, si, la distance restant la même, on regarde à travers un trou
ıe épingle à une feuille de papier tenue immédiatement devant l'œil,
ıp on distingue très bien l'écriture, et les lettres paraissent fortement
insi que leurs intervalles blancs. On pourrait croire que la netteté de
ent à ce que l'étroite ouverture isole les rayons centraux des objets
, et à ce qu'en vertu de la plus grande densité du noyau du cristallin,
sont amenés plus tôt à la convergence (tandis que si la densité de la
t la même partout, ils se réuniraient plus tard que les rayons margi-
is alors la grandeur des objets ne devrait pas croître. Si l'on objecte
rossissement n'est qu'apparent, parce qu'en voyant sans l'ouverture
: l'écriture tenue proche de l'œil, on aperçoit seulement le noyau des
diffusion, sans tenir compte de la grandeur entière des images, cette
era facile à réfuter en comparant les images simultanées des deux
l'un regarde librement les lettres très rapprochées de lui, tandis que
aperçoit à travers le trou de la carte; car les caractères et les blancs
bien plus grands à celui-ci, et, comme on voit les deux images à côté
utre, on reconnaît qu'un même espace qui renferme trois lignes dans
contient que deux dans l'autre. Lecat et Priestley attribuent le phéno-
flexion de la lumière aux bords de l'ouverture de la carte, et Lecat
ır le changement éprouvé par le contour d'un objet éloigné qu'on vise
une baguette: le bord du corps éloigné s'élargit, en effet, lorsqu'on
la baguette devant. Il est possible certainement d'expliquer par l'in-
ıetteté avec laquelle on distingue, à travers l'ouverture d'une carte, les
approchés de l'œil. Quand elle subit ce qu'on appelle l'inflexion, ou
ffraction, la lumière s'écarte des deux côtés de sa direction: la partie
les rayons infléchis au bord de l'ouverture de la carte tombe encore
errière la rétine, que ne le font les objets très rapprochés: ces rayons
ent donc plus du tout d'image; la partie interne des rayons infléchis au
uverture arrive plus tôt à la convergence, ne tombe par conséquent
e la rétine, mais sur elle, et cela explique la netteté de l'image, malgré
ıantité de lumière qui y contribue. On n'entrevoit pas bien, dans cette
uoi tient le grossissement de l'image.

avec Henle, donner une autre explication du phénomène (3). Soient *ab*
u immédiatement devant l'œil, A B les milieux réfringents, C la rétine.
nineux du point *b* se réunit en *e*, et celui du point *a* en *f*. Donc *be*
n principal du cône lumineux de *a*. Les points de réunion *e* et *f* sont
ière de la rétine, parce que l'objet est trop proche. *b* est donc vu avec

des sens, Paris, 1767, t. II, p. 305.
chte der Optik, p. 391.
1. Hasenclever, *Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne*. Berlin, 1842, p. 77.

le cercle de diffusion $a'b'$, et a avec le cercle de diffusion $a\beta$. Si maintenant on interpose entre l'objet et l'œil une carte percée de la petite ouverture o, les cônes lumineux sont réduits aux faisceaux bc et ab, qui traversent l'ouverture o. L'image de b est donc vue sans cercle de diffusion en d, et celle de a, également sans cercle de diffusion, en β. L'interposition peut concourir à l'effet, et faire que le faisceau lumineux filiforme qui traverse l'ouverture de la carte ne représente qu'un point sur la rétine. L'image paraît plus grande, parce que la distance des rayons périphériques a' et β des deux cônes est plus considérable que celle des rayons principaux des deux cônes.

Fig. 130.



2. Myopie, presbytie. Lunettes et optomètres.

Certains hommes n'ont pas la faculté de produire des changements dans leur œil pour l'accommoder aux distances, ou du moins n'en ont qu'une si bornée qu'ils ne distinguent les objets qu'à une distance déterminée; ils sont myopes ou presbytes. Il est impossible de prouver à ces individus que l'œil possède réellement cette faculté; tel était probablement le cas de Treviranus et d'autres encore. La myopie s'observe surtout pendant le milieu de la vie. On rencontre plus fréquemment la presbytie chez les personnes âgées. Ces défauts de la vision sont souvent attribués aux milieux réfringents, à la forme de la cornée ; et, en effet, la cornée des vieillards est plus aplatie que celle des jeunes gens ; mais c'est dans l'enfance que cette membrane a le plus de convexité, et cependant, comme le fait remarquer Volkmann, il n'est pas rare de trouver des enfants qui soient myopes. La myopie et la presbytie paraissent bien plutôt avoir leur cause prochaine dans le défaut du pouvoir d'accommodation, ou dans la grande faiblesse de cet acte d'énergie musculaire ; car, naturellement, l'œil ne voit d'une manière distincte qu'à une certaine distance, la plus appropriée à la forme de ses milieux réfringents. Ce qui prouve que la myopie et la presbytie dépendent surtout d'une modification ou de la perte de la faculté d'accommoder l'œil aux distances, c'est qu'on peut se rendre méthodiquement myope en négligeant les occasions de voir de loin (1). Les enfants qui rapprochent trop la tête du papier en lisant et écrivant deviennent myopes. L'usage constant du microscope rend myope, et détermine souvent une myopie passagère, qui dure quelques heures. A cet égard, les lunettes nuisent, en déshabituant l'œil de s'accommoder aux distances.

Il arrive quelquefois que les deux yeux ont, pendant la vie entière, un état moyen de réfraction différent, quoiqu'on ne remarque pas toujours alors de diffé-

(1) Ware n'a trouvé presque aucun myope parmi 10,000 soldats anglais ; il n'en a rencontré que 3 parmi 1,300 enfants, tandis que 127 étudiants lui en ont offert 32 exemples. Holke (*Inquis. de acie oculi dextri et sinistri*, Leipzick, 1830) a trouvé, chez 14,075 personnes de tout âge, sexe et condition, 6,379 myopes, 5,685 presbytes, et 2,011 vues faibles, ce qui, sur 100, donne, pour la myopie 45,32, pour la presbytie 40,39, et pour l'amblyopie 14,29. En consi-

rence entre leurs pupilles. Ce défaut d'harmonie peut être l'effet de l'habitude contractée de ne regarder les objets proches qu'avec un seul œil, de l'usage du microscope, et autres circonstances semblables. La cause qui y donne lieu le plus rapidement est la narcotisation d'un œil par le moyen de quelques gouttes d'une solution d'extrait de belladone qu'on y instille. Dans tous ces cas, les deux yeux, malgré l'inégalité de leur état moyen de réfraction, ou de leur portée moyenne, possèdent cependant encore la faculté de s'accommoder aux distances; l'accommodation volontaire de l'un d'eux agit aussi sur l'autre, mais les deux organes n'en demeurent pas moins inégaux.

1 Supposons que les deux séries ci-contre de chiffres expriment l'accom-
2 modation dans les deux yeux; l'accommodation 1 a lieu dans l'œil B en
3 1 même temps que l'accommodation 3 dans l'œil A. Si A s'élève jusqu'à 5,
4 2 B monte d'autant, mais ne va que jusqu'à 3. Avec l'accommodation de 1
5 3 l'œil A voit distinctement les objets éloignés, tandis que B ne distingue rien.
6 4 Il peut se faire que tous deux ensemble voient distinctement en dedans
7 5 d'une certaine limite, l'image nébuleuse de l'un ne troublant pas l'image
8 6 de l'autre, et toutes deux se couvrant; mais, dans l'état de réfraction ap-
9 7 proprié aux objets rapprochés, l'œil demeure en jouissance de toute sa
8 faculté visuelle, qu'il n'avait pas pour les objets éloignés. Peut-être A a-t-il
9 atteint en 10 la limite de la portée de sa vue, tandis que B distingue encore
10 avec 11 et 12. L'inégalité de l'état de réfraction est, chez certaines per-
11 sonnes, la cause qui fait qu'elles commencent à loucher, parce qu'elles em-
12. ploient de préférence l'œil qui a la portée moyenne, la plus commode pour
B. l'usage, et négligent l'autre, dont l'image ne les trouble point. De là, quand

et de diverses manières les observations de Holke, Valentin est arrivé, entre autres, aux résultats suivants, relativement à la proportion, en centièmes, des myopes, presbytes et amblyopes, vant les âges, les sexes et les professions :

	Age.	Myopes.	Presbytes.	Amblyopes.
Garçons.	8 — 16 ans,	66,67	12,82	20,51
Filles.	8 — 16	82,15	10,71	7,14
Hommes.	16— 60	39,44	44,54	16,02
Femmes.	16 — 60	18,56	48,92	32,51
Hommes.	60 — 90	13,88	47,49	13,88
Femmes.	60 — 90	9,50	25,14	65,36
Savants.	16 — 60	73,52	22,62	3,86
Id.	60 — 90	29,21	40,91	29,88
Artistes.	16 — 60	22,88	62,70	12,42
Id.	60 — 90	19,44	38,89	19,44
Marchands.	16 — 60	53,54	38,59	7,87
Id.	60 — 90	3,35	50,00	46,15
Chasseurs.	16 — 60	11,11	74,24	14,65
Id.	60 — 90	8,94	33,03	57,13
Artisans.	16 — 60	9,78	57,98	32,24
Id.	60 — 90	8,00	42,00	62,67

Ainsi, la myopie diminue beaucoup avec l'âge dans les deux sexes, d'un tiers environ chez l'homme, de moitié chez les femmes. Il en est de même pour les diverses professions.

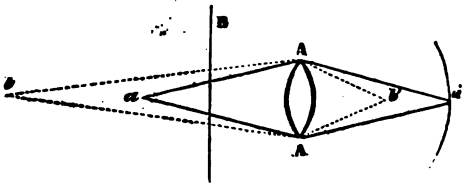
(*Note du trad.*)

l'homme, dont les deux yeux ont la même portée, regarde un objet a garni de lunettes, les axes des deux organes ne se réunissent point sur cet voit souvent double, comme il arrive lorsqu'on se sert de lunettes dont sont d'inégale force. Les doubles images produites par la non-réunio optiques sur l'objet s'éloignent encore davantage quand l'état de réfr des yeux vient à être changé par l'extrait de belladone, cas dans leq certaine portée de l'un des yeux, l'image de l'autre flotte à côté de la sie et confuse. La cause de ce dédoublement se déduit sans peine de ce qu la fin de l'article précédent. L'état de réfraction influe sur la situation d yeux. La manière dont l'image de l'œil qui voit faiblement perd so perturbatrice sera exposée plus loin, quand nous aurons appris à connaî qui prouvent que les champs des deux yeux se trouvent dans une sort qui fait que l'activité nerveuse peut pencher tantôt du côté de l'un, côté de l'autre, et la domination osciller entre eux deux.

Il faut maintenant présenter quelques remarques relativement à la m les lunettes corrigent la myopie et la presbytie. L'œil presbyte est corr verres convexes, et l'œil myope par des verres concaves. Dans le p rayons des objets éloignés se réunissent sur la rétine; mais les rayons voisins, et surtout très rapprochés, dont la réunion a lieu plus tard, ne que derrière cette membrane. Un verre convexe remédie à ce vice, rapproche le point de convergence des rayons envoyés par les objets pr fait tomber sur la rétine elle-même. Dans l'œil myope, c'est l'inverse : des objets rapprochés se réunissent sur la rétine, et produisent une in mais ceux des objets éloignés, dont le foyer est placé à une moindre di celui des autres, se réunissent au-devant de la membrane, sur laquelle ils des cercles de diffusion. Un verre concave fait disparaître ce défaut, en davantage les rayons lumineux, d'où résulte qu'ils se réunissent plus t conséquent sur la rétine.

La figure ci-dessous représente les milieux réfringents d'un œil myope. lumineux de l'objet rapproché a se réunissent sur la rétine a'; ceux de l

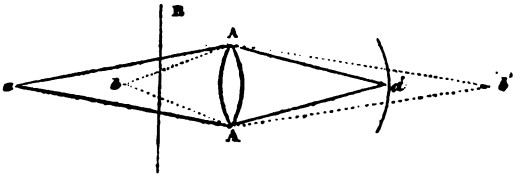
Fig. 131.



gné b convergent au-devant de cette membrane, en b'. Un verre co mène les rayons Ab', Ab', dans la direction de Aa' et Aa', ce qui fait éloigné b se trouve vu distinctement en a'.

Supposons que AA soient les milieux réfringents d'un œil presb éloigné a réunira sa lumière en a', c'est-à-dire sur la rétine; mais cell rapproché b convergera en b', derrière cette membrane. Le verre co

Fig. 132.



erger davantage les rayons de l'objet rapproché *b*, de manière qu'ils se réu-
nt, non plus en *b*, mais en *a'*, c'est-à-dire sur la rétine.
optomètre, instrument fondé sur l'expérience de Scheiner, sert à déterminer
ntée moyenne de la vue de l'homme. On voit, en effet, à quelle distance un
objet peut être aperçu simple, d'un seul œil, à travers deux trous de carte
l'éloignement est moindre que la largeur de la pupille. Ou bien on voit à quelle
ce la double image d'un fil aperçu à travers les deux trous se croise ou se
t. C'est là ce qu'on appelle la portée moyenne de la vue. En avant comme en
e, un objet qu'on regarde à travers les deux ouvertures, paraît double, c'est-
que son image tombe devant ou derrière la rétine. Cependant l'optomètre
ung (1) ne procure jamais qu'un résultat imparfait, parce que la diffraction
lumière éprouve en passant sur les bords des petites ouvertures donne lieu
phénomènes d'inflexion.

3. *Changement de la portée de la vue par les verres grossissants.*

minons maintenant l'influence que les verres propres à grossir l'image exer-
ir la portée de la vue. Les plus simples de ces instruments sont les loupes
roscopes. Lorsqu'on tient un petit objet très près de l'œil, il paraît fort gros,
nt est confus, parce que la convergence des rayons lumineux a lieu derrière
e. L'effet d'une lentille placée entre l'objet et l'œil est de raccourcir la dis-
laquelle ces rayons se réunissent. Si, en plaçant convenablement la lentille,
vient à les faire converger sur la rétine, tous les détails deviennent nets, et
apparaît sous le volume qu'il semblait avoir lorsqu'on le tenait, sans loupe,
iatement devant l'œil. Dans ce cas, le grossissement n'est qu'apparent; il
uniquement du grand voisinage de l'objet, et l'effet de la lentille se réduit à
la vue distincte malgré un rapprochement qui augmente le volume. Avec le
pe et le microscope, l'image ne tombe plus dans l'œil, mais au-devant de
s rayons lumineux se réunissent là pour la produire; mais ils ne sont pas
ils continuent leur route en divergeant, absolument comme si l'objet d'où
partis en divergeant se trouvait sur ce point. C'est là-dessus que reposent et
issement et la netteté des images; car l'angle optique d'une image qui flotte
l'œil est plus grand que celui de l'objet lui-même. Si l'image flottante
l'œil occupe la distance de la vision distincte (8 lignes), l'objet, en même
qu'il est grossi, se dessine avec autant de netteté qu'en peuvent avoir les
rus à la distance de la vision distincte la plus naturelle.

kilos. Trans., 1801, p. I, p. 35. — *Voy.* la description et la figure de l'optomètre de
r, dans le dictionnaire de Gehler, 1836, t. VIII, p. 751, pl. 15, fig. 319.

Les télescopes servent à grossir et faire apercevoir plus nettement les éloignés; les microscopes remplissent le même office à l'égard des objchés. Le nombre des verres qui entrent dans leur composition varie beaderrière le premier, il s'en trouve un second, celui-ci change l'image ou bien, quand l'image du premier verre tombe devant le second, elle ti d'un objet pour le second verre. L'image du second peut également êt par un troisième, ou lui servir d'objet. Le verre qui reçoit la lumière même se nomme objectif, et celui qui est tourné vers l'œil porte le nom Dans le microscope, l'image physique produite par une ou plusieurs vue à travers l'oculaire, comme un objet l'est à travers une loupe. L l'image dépend de la quantité de lumière que l'objectif reçoit de l'obje le microscope, de celle qui est projetée sur l'objet par l'éclairage artific quantité de lumière avec laquelle l'image de l'objet apparaît dans le télé microscope est plus grande ou plus petite que celle que l'objet proje pupille de l'œil sans l'instrument, la clarté de l'image est plus grande ou que quand on voit l'objet à nu. Le télescope rend l'image plus claire lui-même, parce que l'objectif reçoit de celui-ci, et emploie pour form plus de lumière qu'il n'en arrive à la pupille quand on regarde l'obj simple.

V. Chromasie et achromasie de l'œil (1).

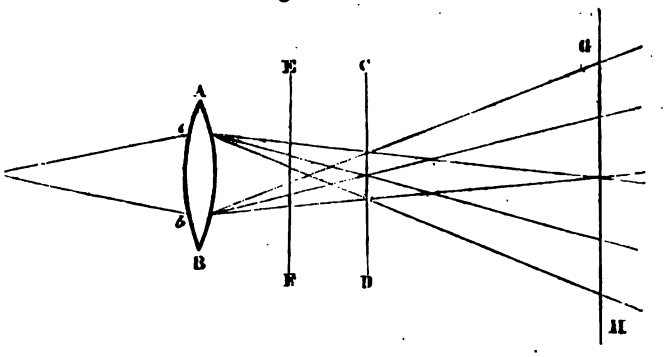
1. *Lentilles chromatiques.*

Quoique les rayons d'un objet éclairé, réfractés par une lentille,] quand on a évité l'aberration de sphéricité, une image nette dès qu'ils à la distance focale de celle-ci, cependant la netteté n'est parfaite qu'a s'agit d'une lumière colorée homogène; car une réunion absolue de blanche sur un point, par réfraction, est impossible sans secours étra en ayant soin d'éviter l'aberration de sphéricité, parce que les rayons c tenus dans cette lumière n'ont pas la même réfrangibilité, et par cor convergent pas tous à la même distance.

Soient *a* le point lumineux, et AB la lentille, les rayons colorés conte cône lumineux *abc* sont inégalement réfractés, de manière que, par e rayons violets, qui sont les plus réfrangibles, se réunissent les premic jaunes, et en dernier lieu les rouges. Quelque concentrée que puisse êtr au lieu d'un point coloré, on aura en CD un cercle de diffusion, dont le blanc, parce que les rayons colorés s'y couvrent, et dont les bords para purins, parce que les limites extrêmes des rayons violet et rouge s'y fe Le phénomène de coloration croîtra si l'image est reçue, non pas à la d mais en avant ou en arrière d'elle, soit en EF, soit en GH. Que l'image par exemple, en EF, les rayons rouges les plus extérieurs, qui ne sont c aucun autre rayon coloré, forment un cercle rouge, et les rayons jaunes qui ne sont couverts que de rouge, en forment un orangé contenu dar

(1) Mueller, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 195, 414. — Tourtual, dans l *chiv*, 1830, p. 129.

Fig. 133.



n centre incolore correspondant à l'endroit où se couvrent les cônes des ayons colorés. Si l'image est reçue en GH, les rayons violets les plus qui ne sont pas couverts, forment le cercle coloré le plus extérieur; viennent, en dedans, les rayons bleus, qui, pour la réfrangibilité, les médiatement; le milieu est blanc.

les rayons qui traversent une lentille sont reçus à la distance focale de phénomène de coloration se réduit à très peu de chose, et c'est à peine s de l'image blanche sur un fond obscur offrent une légère teinte pur- is plus l'écran qui reçoit l'image s'éloigne de la distance focale de celle- bordure colorée et les cercles de diffusion de l'image blanche aug-).

2. *Lentilles achromatiques.*

es couleurs ont été séparées par un prisme, on peut les ramener à la e par un second prisme de même substance et de même angle réfrin- premier, mais tourné en sens inverse. Les deux prismes, pris ensemble, milieu réfringent à plans parallèles, d'où les rayons lumineux sortent, s avaient traversé une table de verre, sous des angles égaux à ceux de nce. Cependant Dollond a découvert que le pouvoir de disperser les est point proportionnel au pouvoir réfringent, et qu'il y a des milieux qui ortement la lumière et la dispersent peu, et *vice versa*. Cette remarque e l'idée de construire des prismes achromatiques en unissant ensemble s dont le pouvoir dispersif et le pouvoir réfringent fussent différents. Un crown, uni à un prisme de flint ayant le même angle réfringent, dévie les rayons parallèles incidents, mais ne les laisse pas sortir incolores, rrive à deux prismes de crown ayant le même angle réfringent que l'on ible : loin de là, les rayons sont décomposés par l'excès du pouvoir dis- lint. Mais, si l'on diminue assez l'angle réfringent du prisme de flint pour ux prismes dispersent la lumière avec la même force, l'un des verres fet de l'autre quant à la mise en évidence des couleurs, tandis que la

x, *Die Lehre vom Lichte*, p. 157.

simple réfraction de la lumière persiste. Un prisme achromatique se com
prisme de crown ayant un angle réfringent de trente degrés et d'un p
flint dont l'angle réfringent soit de dix-neuf degrés. On conçoit d'ap
construction de doubles lentilles achromatiques qui détruisent réciproqu
effet dispersif. Au reste, la double lentille achromatique la plus parfaite n
pas de toute apparition de couleur, quand on ne reçoit pas l'image à s
focale, et l'on aperçoit des anneaux colorés dans les meilleurs télescope
l'oculaire est porté au delà des limites de la vision distincte (1).

3. *Achromasie de l'œil.*

L'œil de l'homme est achromatique, tant que l'image est reçue à sa dist
ou tant que l'œil s'accommode à la distance de l'objet. On ne peut pas di
ment quelle est la cause de l'achromasie; mais la construction optique
en démontre la possibilité. En effet, les milieux réfringents diffèrent l
autres par leur force réfringente, par leur convexité, et par leur consti
mique. L'un est le cristallin, qui a deux convexités inégales, le second
avec l'humeur aqueuse. Celle-ci, réunie à la cornée, forme une lentill
concave dont la force réfringente n'est pas la même que celle du cris
être le pouvoir dispersif des deux milieux réfringents n'est-il pas prop
leur puissance réfractive, et l'achromasie dépend-elle de là. Les object
chromatiques et aplanatiques qu'indique Herschel jeune ont une re
éloignée avec les milieux réfringents de l'œil pour la forme et la comp
consistent en une lentille antérieure biconvexe, de crown, dont les dem
sont inégaux et dont la face la plus convexe regarde en dehors, et en
postérieure convexo-concave, de flint, dont le côté concave est tourné
cédente.

4. *Chromasie de l'œil.*

C'est par erreur qu'on attribue une achromasie complète à l'œil hu
chromasie s'y montre plus ou moins prononcée dès que l'image ne se t
placée à la distance focale. Les bandes colorées qui naissent à travers
réfringents de notre œil, et qu'on peut jusqu'à un certain point produi
rement, paraissent avoir été observées la première fois par Scheiner (2
étudier sur soi-même, il faut regarder un champ blanc sur un fond
champ noir sur un fond blanc, en tenant l'œil fixé sur un objet rappro
gné; en agissant ainsi, le champ est vu d'une manière indistincte, avec
de diffusion, et, d'après des raisons qui seront indiquées plus loin, il se d
deux images doubles, qui s'éloignent d'autant plus l'une de l'autre que

(1) Kunzek, *loc. cit.*, p. 172, 177.

(2) *Cons.* à ce sujet Comparetti, *Observationes dioptricæ et anatomicæ compa
ribus apparentibus visu et oculo.* Padoue, 1798. — *Voy.* aussi un mémoire sur les
physiologiques de coloration dans Schweigger's *Journal der Chemie und Physi*
Mueller, *Zur Physiologie des Gesichtssinnes.* Leipzick, 1826, p. 194, 204. — To
Meckel's *Archiv*, 1830, p. 145, 177. — Niedt, *De dioptricis oculi coloribus ejus*
Berlin, 1842, p. 8, 36. — L. Vallée, *Théorie de l'œil.* Paris, 1843.

t s'écartent davantage du champ regardé. Au commencement de l'expé-ce, on ne les remarque point; mais, avec de l'exercice et de la patience, on vient à reconnaître la bordure colorée extrêmement étroite qui entoure les ps. Le moyen le plus facile d'arriver à la vue indistincte d'un objet est de r les axes des yeux sur un corps ou un point idéal de l'espace beaucoup plus proché ou beaucoup plus éloigné : aussi ce procédé est-il celui à l'aide duquel aperçoit le plus aisément les bandes colorées. Cependant, lorsqu'on s'y est rcé pendant longtemps, on peut aussi produire à volonté la vue indistincte avec eul œil, l'autre étant fermé, en faisant intervenir l'état de réfraction qui cor-pondrait à un point plus éloigné ou plus rapproché dans l'espace : par là on ne lieu aux bandes colorées avec un seul œil, et sans avoir d'images doubles de jet. Voici quels sont les résultats de mes propres observations.

Si l'on considère d'un seul œil un champ blanc sur un fond noir, de manière l'état de réfraction corresponde à un point plus éloigné que le champ, le champ qu'on aperçoit confusément sur le fond noir paraît entouré d'une légère et e bande colorée, dont les couleurs sont, du blanc au noir, le violet, le bleu, une et le rouge. La plupart du temps, il n'y a que le bleu et le jaune qui soient peu prononcés.

Si l'on contemple un champ blanc sur un fond noir, de manière que l'état fraction corresponde à un objet plus rapproché que celui qu'on regarde, les es colorées de l'image confuse sont aussi rouges, jaunes, bleues et violettes, en sens inverse, le violet et le bleu se trouvant du côté du noir, le jaune et le ge du côté du blanc.

Si l'on se sert des deux yeux, et que, par conséquent, on ait des images doubles, uccession des couleurs est la même que dans le premier cas quand les axes se isent derrière l'objet de la double apparition, et le même que dans le second que les axes se croisent au-devant de l'objet.

Les bandes colorées subissent une altération par la procidence des images sub-tives secondaires au bord de l'image objective, quand l'œil exécute un léger vement de côté. L'image subjective secondaire d'un champ noir sur un fond nc est blanche, celle d'un fond noir est grise, et celle d'un fond coloré offre la leur complémentaire opposée. Quand on regarde un champ pendant longtemps, age secondaire ou physiologique couvre l'image subjective; mais, si l'on ne à l'œil un très petit mouvement sur le côté, le bord de l'image physiolo-e apparaît au bord de l'objective. Ces bandes, qui ne paraissent que du côté lequel l'œil se porte, doivent être bien distinguées des bandes colorées diop-nes, qui sont objectives, et qui ont leur source dans les milieux réfringents de il. Comparetti a décrit les deux phénomènes mêlés ensemble. La vision de bandes rées a, comme on voit, des causes entièrement objectives dans l'œil, et, pour ce le concerne, il ne faut pas songer à ces changements dans la rétine dont parlent tains traités de pathologie. Lorsque le phénomène a lieu pathologiquement, il la suite, non d'un changement dans l'acte de la vision, mais d'un changement s le pouvoir qu'a l'œil de s'accommoder aux distances. Certaines personnes se gnent de voir des bandes colorées, quoique leur faculté visuelle n'ait subi aucune ration, et qu'il n'y ait chez elles aucune tendance, soit à l'amblyopie, soit à la aracte. Ici se rangent aussi les lignes rouges qui se peignent autour des carac-

tères noirs de l'écriture toutes les fois que les moyens internes de changer l'état de réfraction sont paralysés par une affection morale, par un travail d'esprit assidu, par l'envie de dormir. Les bandes colorées dioptriques deviennent très fortes lors qu'au moyen de l'extrait de belladone on détruit la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances.

Il faut distinguer les auréoles lumineuses colorées des bandes colorées dioptriques.

CHAPITRE III.

Des effets de la rétine, du nerf optique et du sensorium dans la vision.

Tous les phénomènes qui ont été examinés dans le chapitre précédent découlent de la structure optique de l'œil, c'est-à-dire de la construction des milieux transparents placés au-devant de la rétine. D'autres, très nombreux, ne sauraient être expliqués de la même manière; ils tiennent aux propriétés vitales de la rétine, au conflit qui a lieu entre cette membrane et le *sensorium*. Tels sont, non seulement l'acte de la sensation elle-même et la perception comme lumière et couleurs du changement qui a eu lieu dans la rétine, mais encore la conversion des images de la rétine en intuitions de l'espace, de la distance, de la corporalité et de la grandeur des objets. Tels sont encore le conflit entre les diverses parties de l'appareil sensitif, et beaucoup de phénomènes que la lumière extérieure ne fait point naître, ou du moins ne provoque qu'indirectement dans la rétine.

I. Action de la rétine et du sensorium dans la vision.

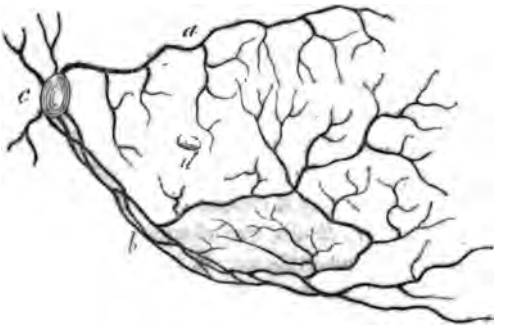
A. Action de la rétine et du sensorium.

J'ai démontré, dans l'introduction à la physiologie des sens, que la rétine ne se borne pas à transmettre des effets du dehors, et qu'elle réagit aussi sur eux. La lumière et la couleur sont des actions de cette membrane nerveuse et de ses prolongements au cerveau. Du mode de l'impression extérieure, il dépend que telles ou telles couleurs, telles ou telles images claires soient senties : aussi la manière d'agir de la rétine est-elle si peu inconnue, que sa propriété, généralement appréciée, de voir des couleurs et de la lumière, quand elle vient à être irritée, est le phénomène fondamental sur lequel reposent toutes les recherches ayant trait à la vision. Les vibrations d'un fluide répandu dans l'univers entier, et qu'on nomme éther, produisent, avec une certaine vitesse d'ondes, la sensation de telle couleur, et, avec une autre vitesse, celle de telle autre couleur, qui, l'une et l'autre, sont l'effet de la réaction de la rétine. L'irritation d'un même point de cette membrane par des ondes de vitesse diverse donne lieu à la sensation du clair. Mais les mêmes sensations se développent aussi sans le concours des vibrations de l'éther, quand la rétine est irritée, ou par l'électricité, ou par la compression.

Puisque ce sont les changements de la rétine que nous sentons lorsque nous

yons, on peut dire aussi que, durant l'acte de la vision, cette membrane se sent le-même, ou que le *sensorium* la sent dans un état quelconque. Le repos de la tine est la cause de l'apparition de l'obscurité devant les yeux; son activité est lle de la clarté du champ visuel dans la sensation. En certaines circonstances, on voit faire naître en elle des images sans nul objet extérieur. Tel est le cas, non ulement des figures que l'électricité et la compression déterminent, mais encore 'un phénomène que Purkinje a observé le premier, et dont je dois parler ici. Si, ans un espace obscur, on promène ou fait tourner devant ses yeux une bougie de ix pouces (1), on aperçoit, au out de quelque temps, une gure obscure et ramifiée, ont les branches s'étendent ur le champ visuel entier, et ui n'est autre chose que l'ex- ansion des vaisseaux centraux le la rétine, ou celle des arties de la membrane qui ont couvertes par ces vais- eaux. A proprement parler, l y a deux figures arborisées ; lont les troncs ne se cou- rent pas, mais naissent dans a partie droite et la partie gauche du champ visuel, en s'écartant sur-le-champ l'un le l'autre. A chaque œil appartient un tronc; les branches des deux figures s'enrelacent dans le champ commun. Ces figures naissent de la manière suivante. Le nouvement de la bougie à droite et à gauche répand de la lumière sur le pourtour ntier de la rétine, et tous les points de cette membrane qui ne sont pas couverts mmédiatement par les vaisseaux centraux reçoivent une lueur pâle, tandis que eux qui sont couverts par les vaisseaux ne peuvent être éclairés, et paraissent en onséquence obscurs, sous la forme d'arbres noirâtres. L'expérience réussit très ien chez la plupart des hommes; chez quelques uns, elle présente des difficultés, u même échoue. Les figures rameuses semblent être placées au-devant des yeux, et voltiger dans le champ visuel.

Fig. 134.



Cette expérience donne une preuve convaincante de la réalité du fait qu'en royant nous sentons les états de la rétine, et rien autre chose, et que cette membrane est en quelque sorte le champ visuel lui-même, obscur dans l'état de repos, clair dans celui d'excitation.

Mais l'un des problèmes les plus difficiles est celui du conflit entre la rétine et le *sensorium*, dans l'acte de la vision. On peut dire que cette partie de la physiologie des sens est entièrement métaphysique, puisque nous manquons jusqu'à présent de moyens empiriques pour nous aider à concevoir ce conflit. Où l'état de la rétine est-il senti? Est-ce dans la rétine elle-même, ou dans le cerveau?

(1) La figure 134 représente l'arborisation dont il est question dans le texte; elle ressemble parfaitement à la figure qu'Arnold a donnée (*Tab. anatom.*, fasc. II, tab. III, fig. 5 et 6) de la distribution des vaisseaux centraux sur la surface de la rétine.

Si les états des particules de la rétine n'arrivent à la sensation que dans le cerveau, il faut que le nerf optique les transmette à cet organe dans le même ordre que les particules de la membrane observent les unes par rapport aux autres. A chaque parcelle de la rétine doit correspondre une fibrille du nerf. L'expérience ne s'accorde nullement avec cette hypothèse. Si l'on compare l'épaisseur du nerf optique avec l'expansion de la rétine, il paraît y avoir peu d'espoir d'arriver à un semblable accord; car le nombre des fibres du nerf semble être beaucoup plus petit que celui des papilles de la membrane. L'accord ne pourrait donc avoir lieu qu'autant que les fibres dites primitives du nerf optique contiendraient encore une multitude d'éléments infiniment plus petits: cependant il faut penser que la sensation n'est bien nette qu'au milieu de la rétine; or, si l'on admet que les extrémités des fibres sont très serrées les unes contre les autres en cet endroit, mais qu'en dehors elles se trouvent séparées par des intervalles de plus en plus grands, une partie des difficultés s'efface. La sensation est aussi nette au milieu de la rétine, et aussi confuse sur ses côtés, que si une extrémité de fibre nerveuse correspondait à chaque parcelle de l'image dans le premier point, tandis que, sur les côtés, une seule fibre correspondrait simultanément à plusieurs parcelles de cette image, ou que si chaque fibre du bord recevait l'impression sur une partie de sa longueur, tandis que chaque fibre du centre serait affectée seulement par son extrémité punctiforme. Il importerait beaucoup ici de savoir comment les papilles nerveuses de la rétine, observées par Treviranus, se comportent à l'égard de la couche fibreuse de la membrane, et si chaque fibre nerveuse se replie réellement en une papille, comme le dit ce physiologiste, ou si à chaque fibre correspondent des séries entières de papilles. Mais comment une fibre pourrait-elle transmettre jusqu'au *sensorium* les changements de séries entières de molécules matérielles sur sa longueur, si la sensation des lieux ne doit naître que dans le *sensorium*? Si la représentation des sensations n'a lieu que dans le cerveau, par les extrémités des fibres nerveuses, une fibre ne peut représenter qu'en un seul point toutes les affections survenues dans des parties aliquotes de sa longueur. Si, au contraire, la sensation des différents lieux s'effectuait dans les parties aliquotes de la longueur d'une fibre, il faudrait se figurer l'âme agissant dans chaque particule de la longueur de cette fibre, hypothèse contre laquelle parlent, pour ce qui concerne les nerfs rachidiens, les observations faites sur les sensations qu'éprouvent les amputés. Cette difficulté disparaîtrait en supposant que les nerfs des sens supérieurs participent plus à l'action de l'âme que les autres nerfs, de sorte que l'âme continuerait d'agir jusqu'aux extrémités nerveuses de la rétine, les nerfs sensoriels n'étant que des prolongements du *sensorium*. Dans l'état présent de la science, il est totalement impossible de résoudre cette énigme.

De quelque manière que les choses se passent, ce qu'il y a de certain, dans tous les cas, c'est qu'après la perte de la rétine ou de la partie extérieure du nerf optique, les portions intérieures ou cérébrales du sens de la vue ne peuvent plus produire non seulement les sensations de lumière, mais même les intuitions d'un champ visuel dans lequel des images soient vues. Ici se rangent les phénomènes remarquables observés par Lincke. Un homme auquel on avait extirpé un œil cancéreux voyait, le lendemain de l'opération, quand il fermait l'œil sain, différentes images voltiger au-devant de son orbite vide, comme des lumières, des cercles de

particules de la rétine qui viennent à être excitées.

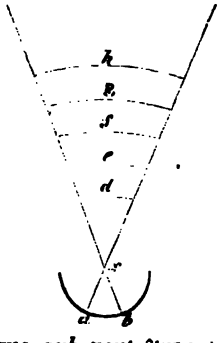
B. Grandeur du champ visuel dans la représentation.

leur du champ visuel dépend de celle de la rétine ; car on ne saurait ja-
n même temps plus d'images qu'il n'en peut tenir à la fois sur la rétine
ı ce sens, la rétine sentie par le *sensorium* est le champ visuel lui-même.
la représentation de celui qui voit, le champ visuel n'a point de gran-
ninée, et la représentation que nous avons de l'espace au-devant de nous
ıfini, tantôt fort petite, tantôt extrêmement grande. En effet, la repré-
le ce que nous voyons le projette en dehors de nous, par des motifs qui
nits plus tard : aussi le champ visuel est-il très petit quand cette repré-
e trouve bornée par des obstacles situés au-devant de l'œil, et très
contraire, lorsque la projection hors de nous ne rencontre pas d'ob-
: champ visuel est très petit dans la représentation lorsque nous voyons
n étroit corps creux placé devant notre œil, grand lorsque nous con-
ın paysage à travers une petite ouverture, plus grand encore quand nous
par la fenêtre, et aussi grand que possible quand nous sommes en plein
n ne gêne notre vue. Dans tous ces cas, la représentation de la grandeur
visuel diffère beaucoup, et cependant sa grandeur absolue est toujours
c'est-à-dire dépendante de l'étendue de la rétine. En effet, comme je
t, il nous est impossible de jamais voir plus d'images à la fois qu'il n'y
pour elles sur la rétine. Cependant, quoique, en regardant un paysage
ne ouverture, son image entière ne soit pas plus grande que l'ouverture,
sur la rétine le même espace que le pourtour de cette dernière, la re-
ɔn d'un même champ visuel n'en est pas moins extrêmement variée. Il
de là que l'imagination joue toujours un rôle dans la vision, à tel point
uit finalement de la peine à établir ce qui lui appartient et ce qui est du
la simple sensation. Si nous pouvions, à l'âge adulte, faire abstraction
nation quand nous voyons, il ne resterait plus que la sensation nue, ce
ut-être le cas chez l'enfant nouveau-né. Pour l'enfant, qui n'a encore
ée du voisinage ou de l'éloignement de ce qu'il voit, le champ visuel
raître également grand quand il regarderait dans un tuyau fermé au

ungo medullari. Leipzick, 1834.
.ER, *Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen.* Coblentz, 1826.

bout, ou quand il verrait le paysage entier à travers le même tube, mais ouvert. De ces considérations il suit encore que la simple sensation de ce qu'on voit doit être quelque chose de primitif et d'indépendant des représentations.

Fig. 135.



Tout ce qui apparaît sous le même angle optique *axb* n'a non plus, sur la rétine, qu'une image de même grandeur *ab*. Les objets *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, très différents de grandeur et placés à des distances diverses, ont le même angle optique et la même image *ab* sur la rétine. Cependant leur image diffère beaucoup, pour la représentation, dès que des idées de proche et de loin se sont développées ; car la représentation agrandit successivement le champ visuel de *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, et l'image *ab* de la rétine se trouve peinte par elle à l'âme aussi grande qu'elle le serait si l'objet était vu de près, c'est-à-dire dans les conditions les plus ordinaires de la vision. D'après cela, un paysage *ab* peint sur la rétine, sous l'angle optique *axb*, peut être représenté ayant des lieues d'étendue, si nous savons que telle est réellement sa grandeur, ou si, de la quantité d'objets connus que nous découvrons en même temps, nous concluons qu'il doit l'avoir. Et de même que des images d'un même angle optique sont représentées diversement grandes dans le champ visuel, de même aussi le champ entier des particules affectées de la rétine, dont la grandeur absolue demeure constamment la même, est représenté avec des diversités infinies dans son étendue : c'est ce qui fait qu'en contemplant l'image dans une chambre obscure, on la prend pour un paysage vivant, pour le véritable champ visuel lui-même, quoique ce ne soit qu'une très petite image projetée sur une table. La même action de projeter hors de nous dans la représentation fait naître aussi la représentation de la profondeur dans l'espace, idée à la consolidation de laquelle ce qui contribue le plus, c'est que, quand nous marchons en avant, d'autres images s'offrent à notre rétine, de sorte que nous semblons cheminer, pour ainsi dire, entre des images, ce qui, pour la représentation, produit le même effet que si nous passions réellement entre les objets vus dans l'espace.

Il est donc clair que le champ visuel représenté est extrêmement variable, tandis que celui de la sensation simple dépend absolument de l'étendue de la rétine ou des parties centrales internes de l'appareil visuel dans le cerveau. Ce qui correspond le mieux à ce dernier, c'est la sensation que nous éprouvons dans la rétine quand nous ne nous représentons aucun objet, c'est-à-dire celle du champ noir étendu devant nos yeux fermés, ou la sensation du champ clair également étalé devant nos yeux fermés, quand la lumière passe à travers nos paupières. Ici encore le champ paraît être immédiatement au-devant de l'œil ou dedans. Mais dès qu'une représentation quelconque d'objets déjà vus se joint à ce que nous voyons, la projection au dehors a lieu aussitôt, et la grandeur sous laquelle on se représente ce qu'on voit dépend de l'expérience individuelle. De là les différences dans la taille que divers individus assignent aux arborisations de la rétine qu'ils voient en répétant l'expérience de Purkinje, et dans la distance à laquelle ces figures leur semblent être de l'œil.

Le sens de la vue se comporte en cela d'une tout autre manière que celui du

icher, à l'égard des objets extérieurs. Pour le toucher, les objets sont immé-
tement présents, et la mesure de leur grandeur est l'étendue de notre propre
ps avec laquelle ils entrent en contact. Une table qu'on touche de la main
ait, à l'endroit touché, aussi grande que les parties de la main qui sont affec-
s par elle; car ici c'est la partie de notre corps que nous sentons qui nous
t de mesure. En effet, la portion palpante de la main fait partie de la surface
itante de notre corps; et la portion touchée de la table paraît aussi grande que
ortion palpante de la main le paraît proportionnellement à notre corps entier.
is toute distinction des parties de notre corps dépend de la possibilité de dis-
guer dans le *sensorium* les fibres nerveuses provenant des diverses parties.
ns le sens de la vue, au contraire, les images des objets ne sont que des fractions
s objets eux-mêmes réalisées sur la rétine, dont les dimensions ne changent
nais. Mais l'acte de la représentation, qui analyse les sensations de la vue, agit
dehors, et par là élève les images des objets, ainsi que le champ entier de la
ine, à des grandeurs variables; la seule chose qui demeure intacte, c'est le
pport des images au champ visuel entier, ou des particules affectées de la rétine
la rétine entière.

Volkmann (1) fait remarquer que, dans aucun cas, la rétine ne sent son éten-
e matérielle, et que même le sens du toucher ne nous procure pas l'intuition
notre propre corporalité. Il se fonde sur les observations de E.-H. Weber,
après lesquelles la distance entre deux points est très diversement sentie dans
s régions diverses de la peau. D'après cela, il pose en principe que la peau
time la grandeur des objets en prenant pour unité leur distance appréciable.
it x l'unité de mesure, la grandeur d'un pouce est 12 x pour le doigt indica-
ur et 1 x pour un point de la région moyenne du bras; car chaque partie de
peau donne à un objet touché autant de fois la grandeur x qu'elle contient de
rties qui sont en état de distinguer x comme chose à part. D'après cette hypo-
èse, quand je me touche le milieu du bras avec le bout du doigt, ce point devrait
e paraître douze fois aussi grand avec le bout du doigt qu'avec la peau du bras.
olkmann applique ces vues à la rétine. Il admet aussi que, dans l'estimation des
randeurs, l'unité de mesure est la dernière distance visible. Cependant les phé-
omènes observés par Weber se prêtent à une autre explication; on peut les con-
evoir aussi par le mélange ou l'irradiation de sensations, qui fait qu'il se produit
n quelque sorte des cercles de diffusion.

C. Action du sens de la vue au dehors.

Plusieurs physiologistes, comme Tourtual, Volkmann, Bartels, attribuent au
ens de la vue lui-même l'action au dehors, c'est-à-dire la faculté de rapporter
ors de nous les objets que nous voyons, ou d'en constater l'extériorité (2).
Mais qu'est-ce qui se trouve d'abord au dehors? Comme celui qui voit pour la
remière fois ne peut point encore distinguer l'image de son propre corps

(1) *Beitræge zur Physiologie des Gesichtssinnes.* Leipzick, 1836.

(2) *Cons.* Wheatstone, dans Poggendorff's *Annalen*, t. I, cah. 1. — Brucke, dans Muel-
ler's *Archiv*, 1841, cah. 5. — Tourtual, *Die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im ste-
reoscopischen Bilde.* Munster, 1842.

d'autres images, le placement hors de soi de ce qu'on a vu ne peut être chose qu'une distinction établie par le sujet entre lui-même et ce qu'il voit distinction entre le moi sentant et la chose sentie. La faculté d'apprécier l riorité des objets est une affaire du jugement, comme je l'ai établi dans l duction à la physiologie des sens. On dit que le nouveau-né place tout de s objets de la vue hors de son corps sous la forme de son corps et de son œil le nouveau-né ne connaît ni son œil ni son corps sous la forme de sen visuelles, et il a besoin que l'expérience lui apprenne laquelle des image voit est son propre corps. En conséquence, tout ce qu'il est permis de dire qu'il place ce qu'il sent hors du moi sentant, et c'est en ce sens seulem le reporte au dehors. Chez les animaux, cette réaction du *sensorium* vers rieur est beaucoup plus sûre par le concours de l'instinct ; car l'animal pas à se traîner vers la mamelle de sa mère, de sorte qu'il doit y avoir, *sensorium*, un penchant inné à se porter par des mouvements vers l'image aperçoit, et qui, par rapport au moi voyant, est extérieure, c'est-à-dire le nouveau-né ne sait pas d'abord distinguer l'image de son propre corps du monde extérieur, il ne tarde pas à s'apercevoir que certaines petites reviennent presque constamment dans le champ visuel, et qu'elles se quand lui-même meut volontairement son corps : ce sont les images de son corps. Toutes les autres changent indépendamment de son corps, ou leurs ments ne correspondent point à ceux de son individu : celles-là sont les monde extérieur, qu'il admet désormais comme existant hors de lui dans l'e et qui se répètent de jour en jour dans le champ visuel de la représentation, l'origine remonte à cette époque. Le nouveau-né ne sait rien de l'œil en tant voit. L'individu qui voit a, généralement parlant, peu d'occasions de reco que c'est dans l'œil qu'il voit. Les cas où il éprouve une sensation dans l' sans apercevoir rien de déterminé à l'extérieur, sont les seuls qui lui perm de remarquer que l'œil est le théâtre de ses effets : tels sont ceux de la sen d'obscurité qu'il éprouve en fermant les yeux, et de la sensation que la clart procure en agissant à travers ses paupières abaissées.

D. Images de son propre corps dans le champ visuel.

Certaines régions de notre corps font presque toujours partie du champ vi de l'œil, et par conséquent aussi des représentations du sens de la vue. Lor nous voyons d'un seul œil, l'un des côtés du champ visuel est occupé par le visible du nez ; si nous abaissons les sourcils, ils occupent la partie supérieur ce champ ; si nous élevons les joues, nous en voyons une partie au bas du visuel ; enfin, si nous contractons le côté extérieur du muscle orbiculaire paupières, la partie externe du champ est limitée par une ombre qui pro des alentours de l'œil. Des images de parties de notre corps peuvent donc ap raître dans toute la périphérie du champ visuel, et alors les images des o extérieurs se trouvent placées entre celles de notre propre corps. Lorsque regardons d'un seul œil le bout de notre nez, l'image du nez s'avance d'un des du champ visuel jusque dans le milieu ; si nous le regardons des deux yeux à la l'image se trouve au milieu de la partie inférieure du champ visuel, appar

ux deux yeux en même temps, tandis que les images des deux côtés du nez se erdent en partie, l'un des yeux voyant des objets extérieurs à l'endroit où l'autre perçoit une image confuse du nez. Si l'on tourne l'œil davantage en dehors, on oit paraître à la partie inférieure du champ visuel, non plus seulement le nez, s joues et les lèvres, mais encore le tronc et les extrémités. Ainsi, quelque tuation que prenne l'œil, il découvre toujours une portion de notre corps, qui ccupe un emplacement déterminé à la périphérie du champ visuel, en haut, en as, à droite ou à gauche, et l'image des parties de notre corps fait partie intéante de la plupart des sensations et représentations dont nous sommes redevables u sens de la vue.

Quoique les images de notre corps ne soient non plus représentées que sur le hamp visuel de la rétine, d'où elles sont transmises au *sensorium*, cependant ceci leur attribue le caractère de l'objectivité ou de l'extériorité avec la même ertitude qu'aux images des objets extérieurs. Rigoureusement parlant, l'image de otre main que nous voyons n'est pas la main elle-même, mais seulement son pparence. Nous cherchons à saisir un corps, et, tandis que nous le faisons, la même chose arrive dans l'image du champ visuel de la rétine ; nous voyons que ous saisissons, parce que l'apparence de notre main saisit l'apparence de l'objet. ous sommes aussi informés du même acte par un autre sens, par le toucher de a main et par ses mouvements. Ce qui semble singulier, c'est que, quoique le oucher et la vue des parties de notre corps s'exécutent en des points tout à fait ifférents, jamais cependant il n'y a contradiction entre les deux sortes de sensaion. C'est aussi par l'intermède de l'imagination qu'a lieu l'harmonie qui règne ntre elles et leur réunion. Nous pouvons nous convaincre que les choses se assent réellement ainsi, d'après un cas où la différence de lieu est plus frappante ncore, bien que l'imagination n'en lie pas moins intimement les deux sensations 'une à l'autre : quand nous voyons l'image de notre corps et ses mouvements ans une glace, que nos mains remuent, et que nous en sommes informés à la fois ar le toucher et par l'image dans la glace, l'imagination parvient à ne faire qu'une eule et même chose de ce que nous touchons et de ce que nous voyons, bien que e lieu soit totalement différent.

E. Vue renversée et vue droite.

D'après les lois de l'optique, les images se représentent, sur la rétine, renverées par rapport aux objets. Ce qui est en haut dans ceux-ci nous paraît en bas ans l'image, etc., la position relative des parties de celle-ci restant d'ailleurs la même. Mais voit-on réellement les images renversées comme elles le sont, ou bien es voit-on droites, comme les objets ? Les images et les particules affectées de la étine ne faisant qu'un, la question, traduite en langage physiologique, est celle-ci : Lorsque nous voyons, les particules de la rétine sont-elles senties par nous dans eur relation naturelle avec le corps ?

Mon opinion, que j'ai publiée et développée dès 1826, est que, quoique nous oyions les objets renversés, nous ne pouvons jamais en acquérir la conscience que par des recherches d'optique, et que, voyant tout de la même manière, l'ordre des objets ne s'en trouve nullement altéré. Il en est ici comme du renversement

quotidien des objets avec la terre entière, dont on ne s'aperçoit qu'en observant la situation des astres, et cependant rien de plus certain que, dans l'espace de vingt-quatre heures, une chose qui était en bas par rapport aux astres, finit par se trouver en haut. Voilà pourquoi il n'y a point, dans l'acte de la vision, défaut d'harmonie entre la vue et le toucher, qui aperçoivent les objets, la première renversés et l'autre droits; car nous voyons tout à l'envers, même les parties de notre corps, et chaque chose conserve sa position relative. L'image de notre main qui palpe se renverse aussi. Nous appelons les objets droits, parce que nous les voyons tels. On a déjà quelque peine à remarquer la simple inversion des côtés dans la glace, où la main droite occupe la gauche de l'image, et nos sentiments tactiles, quand nous réglons nos mouvements d'après l'image de la glace, contredisent fort peu ce que nous voyons, par exemple lorsque nous faisons un nœud à notre cravate dans un miroir. Cependant il y a bien là un peu de contradiction, parce que le renversement porte sur les côtés seulement, et que tout n'est pas renversé.

Volkmann a embrassé la même opinion que moi. Il soutient aussi que nous n'avons pas besoin d'une explication de la vision droite tant que nous voyons tout renversé, et non pas uniquement un objet parmi d'autres. Rien ne peut être renversé, dit-il, quand rien n'est droit; car les deux idées n'existent que par opposition.

L'hypothèse qui attribue la vision droite à ce que nous voyons, non pas l'image de la rétine, mais la direction des rayons lumineux, renferme quelque chose d'impossible, puisqu'il n'y a point de direction déterminée des rayons lumineux, mais qu'à chaque point correspond un cône entier de lumière, et qu'il ne nous est jamais possible de sentir autre chose que l'état des particules de notre rétine. L'hypothèse de ceux qui prétendent que la rétine agit en dehors, et qu'elle y reporte les objets en sens croisé, par exemple suivant la direction de la perpendiculaire à la rétine (Bartels), est aussi purement arbitraire; car il n'y a pas même moyen d'entrevoir pourquoi une direction aurait la prééminence sur l'autre, et chaque particule de la rétine, si elle avait le pouvoir d'agir en dehors, devrait le faire en tout autant de directions qu'il y aurait possibilité de tirer des rayons d'elle au monde extérieur. Comme nous ne nous apercevons jamais que nous voyons à l'envers, il n'est pas probable non plus que la nature ait placé dans le cerveau ou quelque part ailleurs un moyen de corriger une erreur dont nous ne parvenons à nous instruire qu'en étudiant les lois de l'optique. On ne saurait alléguer ici la décussation des nerfs optiques, puisque l'entrecroisement n'est que partiel (1).

S'il était possible qu'une image d'un objet se produisît sur la rétine sans le concours de la lumière, par exemple au moyen du contact immédiat, alors cette image ne serait pas renversée; et, s'il était possible de voir un même objet d'abord par la lumière extérieure, puis par son application immédiate à la rétine, les images produites de ces manières seraient en sens inverse l'une de l'autre. On parvient à réaliser cette hypothèse dans certaines expériences. Que, par exemple, on comprime la rétine avec le doigt, à travers la sclérotique, on obtient une figure déterminée immédiatement par ce doigt, mais on peut en même temps

(1) *Comp.*, sur ce sujet, BERTHOLD, *Ueber das Aufrechterscheinen der Gesichtsobjecte.* Gœttingue, 1830. — BARTELS, *Beitrage zur Physiologie des Gesichtssinnes.* Berlin, 1834.

oir le doigt par l'intermédiaire de la lumière extérieure : or, les deux images ont situées sur des côtés opposés. Quand, les yeux étant fermés, on comprime vec le doigt la partie supérieure de l'œil, l'image se montre en bas ; elle apparaît n haut, à droite, à gauche, si l'on opère de même sur les parties inférieures gauche t droite.

F. Direction de la vue.

Avant de quitter ce point de doctrine, il nous reste encore à examiner ce que uelques physiologistes appellent la direction de la vue. Des objets qui projettent eurs images sur la même particule de la rétine sont situés dans la même direction, uant à la vue. Il y a, par rapport aux causes qui déterminent la direction de la ue, deux hypothèses possibles, mais dont une seule semble juste.

1° La direction suivant laquelle on voit quelque chose dépend uniquement de a particule affectée de la rétine, de la distance à laquelle cette particule se trouve lu centre de la membrane, de la direction qu'elle affecte par rapport à lui, ou, n d'autres termes, de la place qu'elle occupe dans la mosaïque entière de la étine. Alors même que l'imagination agit au dehors, et y projette les affections le la rétine, la relation des petites images demeure la même, et la représentation isuelle peut être considérée jusqu'à un certain point comme un déplacement en avant du champ visuel entier de la membrane, déplacement qui n'en altère nullement les côtés, ce qui apparaît en haut étant représenté en haut, et ce qui apparaît en bas l'étant en bas. Supposons, par exemple, que *d b a c e* soient la rétine, et *d' b' a' e' c'* la projection au dehors des images de la représentation ; *a'* serait la projection de *a*, *b'* celle de *b*, *c'* celle de *c*, etc. ; *b'* se trouve, dans la représentation, du même côté que *b* dans l'image de la rétine, *c'* du même côté que *c*, et ainsi de suite pour les autres points correspondants. De sorte qu'en concevant la rétine plane, la projection serait comme dans la figure ci-contre. L'étendue que *d' e'* acquiert dépend uniquement de la représentation ; il n'y a d'invariable que les situations relatives de *a' b' c' d' e'*.

Fig. 136.

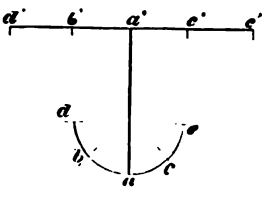
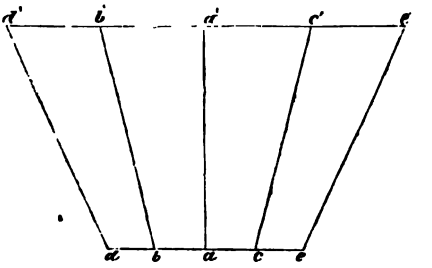


Fig. 137.

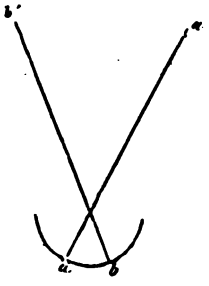


2° Les projections des images se croisent, de manière que *a* de l'image de la rétine est projeté du côté opposé dans la représentation, ou va dans la direction *aa'*.

Cette seconde hypothèse est susceptible de varier beaucoup, suivant la situation du point d'entrecroisement qu'on admet pour les directions.

a. Les uns croient qu'on aperçoit la direction de la lumière, que par conséquent on voit dans la direction de la lumière elle-même. Cette opinion est exposée, chose assez remarquable, jusque dans quelques manuels de physique. Porterfield avait déjà démontré qu'elle est insoutenable : Volkmann l'a combattue également. Dans la vision ordinaire, chaque point de l'image sur la rétine est déterminé par le

Fig. 138.



sommet d'un cône lumineux ayant pour base la largeur de la rétine. Lequel de ces rayons du cône doit déterminer la direction? Serait-ce le rayon parallèle à l'axe? Mais les rayons périphériques suffisent aussi, quand on les isole en regardant à travers le trou d'une carte. Si le point *a* est assez distant de l'œil pour que les rayons se réunissent en *o* avant de parvenir à la rétine, et qu'on place une carte percée de deux trous en *m n*, il se projette en *x y* deux images des faisceaux lumineux qui passent à travers ces trous. Qu'au contraire *a* soit trop rapproché de l'œil, en sorte que l'image tombe derrière la rétine, et qu'il y ait deux trous de carte en *m n*, les rayons périphériques du cône lumineux qui passent par ces trous projettent deux images, savoir *x' y'*. A une distance déterminée du point radieux *a*, la distance *x'* et *y'* de la seconde figure, peut être aussi considérable que celle *x* et *y* de la première, et alors les images paraissent au même endroit; cependant la direction des faisceaux lumineux *xo* de la première figure et *ox'* de la seconde est totalement différente.

Fig. 139.

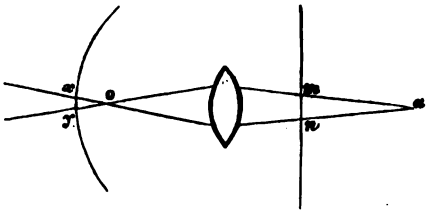
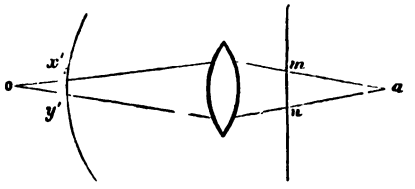


Fig. 140.



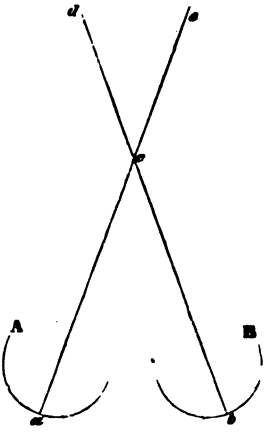
b. Porterfield et Bartels supposent que chaque point de la rétine voit dans la direction d'une ligne perpendiculaire à la rétine ou à sa tangente. Cette hypothèse est purement arbitraire.

c. Suivant Volkmann, la direction de la sensation dépend de la situation du point sentant par rapport au point d'entrecroisement des rayons visuels, qui, d'après ses observations, se trouve sur la même ligne que la petite image de la rétine et l'objet. Il ajoute que c'est la conséquence d'une loi innée, et qu'on ne doit pas chercher à expliquer. Certes, il y a, physiquement parlant, le plus parfait rapport entre les objets et les images de la rétine, et c'est par le point d'entrecroisement que passent les lignes tirées des uns aux autres. Cependant je ne pense pas qu'il y ait, dans l'activité du nerf optique, une action au dehors suivant une direction déterminée et exclusive. Volkmann suppose un rapport inné et inexplicable entre les particules de la rétine et un point d'entrecroisement derrière le cristallin. Il n'y a pas nécessité, dans la première hypothèse, d'admettre rien qui se refuse à explication. La direction de chaque image est déterminée par sa situation sur la rétine et par la situation de ce point eu égard à la membrane entière, et les objets se projettent dans le même ordre, mais sans croisement, dans la représentation. La projection ne peut pas dépendre d'une simple inflexion ou courbure de la rétine; elle doit, suivant moi, tenir à l'ordre des particules de cette membrane par rapport les unes aux autres.

Toutes les explications de la direction de la vue, d'après le principe de la seconde

éorie, sont affectées d'un vice commun. La vue des deux yeux à la fois les con-
dit toutes. Si la direction de la vue dépend d'une action de la rétine dans une
rection quelconque, déterminée de dedans en dehors,
it dans la direction du point autour duquel l'œil
urne sur lui-même, soit dans une direction perpen-
culaire à la rétine, il y a impossibilité de comprendre
mment on voit les objets simples avec les deux yeux;
r l'œil A verra dans la direction *ace* l'image du
int *c*, située au milieu de la rétine, et l'œil B le verra
ns la direction *bcd*. Ce point *e* est donc porté, par
théorie, en deux endroits tout à fait différents. On
peut objecter que les centres des deux rétines sont
ujours vus simples : car, s'ils voient un objet au même
droit, ils ne peuvent pas le placer en dehors dans
s directions *ace* et *bcd* : autrement ils ne le ver-
aient pas simple. Si, au contraire, la direction suivant
quelle on voit quelque chose dépend uniquement du
apport entre la particule affectée de la rétine et la rétine
atière, *c* sera vu simple sur des points identiques
et *b* des deux membranes, et il occupera le milieu du champ visuel des deux
eux.

Fig. 141.



G. Jugement sur la forme, la grandeur, la distance et le mouvement des objets.

Le jugement que nous portons, d'après la vue, sur la forme des corps, est la
ite, en partie de la sensation, et en partie de représentations combinées.

Comme la forme des images dépend absolument de l'étendue des points affectés
le la rétine, la simple sensation suffit pour nous faire distinguer les unes des autres
les formes bornées à de simples surfaces, par exemple un carré d'un cercle.

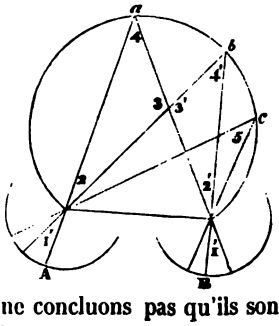
Molyneux demandait à Locke si un aveugle de naissance qui sait distinguer un
ube d'une sphère par le toucher, saurait également établir cette distinction à
'aide du sens de la vue, en supposant qu'il le recouvrât tout à coup. On ne com-
rend pas comment ces deux philosophes ont pu se prononcer pour la négative;
ar le toucher et la vue reposent sur les mêmes intuitions fondamentales de l'étendue
le nos propres organes dans l'espace : aussi l'animal qui vient de naître a-t-il sur-
e-champ la sensation de la forme déterminée, lorsqu'il aperçoit la mamelle de sa
mère, et cela seul prouve que la faculté de saisir des formes simples n'est pas le
fruit de l'éducation. Mais celle de juger des différentes dimensions des corps
d'après les images de la vue exige de l'exercice, parce que toutes les intuitions du
sens de la vue ne sont originairement que des surfaces, et que, pour procurer la
représentation d'un corps, le jugement doit ajouter les différentes faces qu'on
aperçoit à ce corps, quand on lui donne une autre situation. L'opéré de Cheselden
voyait tout à plat, parce que c'est effectivement ainsi que tout se représente. Mais,
comme les images changent tandis que nous nous remuons dans l'espace, parce
que nous passons en quelque sorte entre elles, il résulte de là en nous la repré-
sentation de la profondeur du champ visuel, qui n'est qu'une simple idée, et non
une sensation.

La grandeur apparente des objets dépend immédiatement de celle de la partie affectée de la rétine, ou de la grandeur de l'angle sous lequel ils apparaissent à l'œil. Pour juger de leur grandeur réelle d'après leur grosseur apparente, il faut combiner des idées déjà acquises de proche, de lointain, etc.

Juger de la proximité et de l'éloignement est l'affaire de l'esprit, et non de la sensation. Tout objet qui apparaît sous un angle plus petit que celui sous lequel on le voit dans un voisinage immédiat, est jugé éloigné. On juge plus éloigné celui qu'un autre couvre en partie, ou qui paraît plus petit relativement qu'il ne devrait le sembler s'il était placé à la même distance que les autres objets. Ce jugement s'acquiert, et ce n'est point une faculté innée, du moins chez l'homme. Pour l'enfant, tout se trouve à la même distance; il cherche à saisir la lune aussi bien que le corps le plus rapproché de lui.

La plupart des physiologistes prétendent que la situation des arcs des yeux qui est nécessaire pour regarder un objet contribue aussi beaucoup à l'appréciation des distances, parce que les axes des yeux convergent d'autant plus qu'un objet est plus rapproché. Cependant on s'exagère la valeur de ce moyen. Il peut sans doute avoir beaucoup d'efficacité pour des objets qui sont placés en droite ligne devant les yeux, mais il la perd toute pour ceux qui sont situés de côté, et la chose est facile à démontrer. En effet, les objets latéraux exigent, pour qu'on puisse les regarder, une tout autre convergence des arcs des yeux que les objets placés en ligne droite, alors même que la distance est identique pour tous. Ainsi la convergence des axes des yeux est la même pour les points *a*, *b*, *c*, et néanmoins *a* est fort éloigné des yeux, tandis que *c* en est très rapproché. Les angles 4, 4′ et 5 sont égaux, si *abc* est un cercle; car c'est une propriété du cercle que les triangles dirigés d'une corde commune vers la périphérie ont des angles égaux à cette périphérie. Donc, de ce que les deux objets situés à côté les uns des autres ont la même parallaxe, nous ne concluons pas qu'ils sont placés à inégale distance, mais qu'ils sont situés dans le même cercle.

Fig. 142.



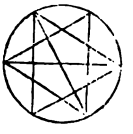
Le jugement que nous portons sur le mouvement des objets vus dépend en partie du mouvement de l'image sur la rétine, et en partie de celui des yeux, qui suivent un corps quand il se meut.

Si l'image se meut sur la rétine, tandis que l'œil et notre corps demeurent en repos, nous jugeons que l'objet vu change de position par rapport à nous. Son mouvement peut cependant n'être qu'apparent, comme il arrive quand le corps sur lequel nous nous trouvons, un bateau par exemple, se meut. Si l'image reste en repos sur la rétine, si elle y demeure fixée au même point, et que les mouvements des yeux suivent le corps mû, nous jugeons que celui-ci se meut d'après la sensation de mouvement que nous éprouvons dans nos muscles oculaires, ou d'après les courants qui leur sont envoyés par le *sensorium*. Lorsque l'image sur la rétine et les muscles des yeux se meuvent en même temps d'une manière correspondante, comme en lisant, nous jugeons que l'objet est tranquille, et nous savons qu'il n'y a que nous qui changeons de situation par rapport à lui. Quel-

ois il y a mouvement apparent des objets, bien que ceux-ci et les yeux soient quilles. Ainsi, après qu'on a tourné sur soi-même, on les voit tourner à leur , mais en sens inverse. Purkinje a fait, sur ces phénomènes, des observations arquables, qui semblent prouver qu'ils dépendent d'une impulsion au mouve- t en un certain sens communiquée au cerveau ; car la direction de la rotation : la même, par rapport à la tête, qu'elle était primitivement, quoiqu'on détourne te en cessant de tourner. Ainsi, a-t-on tourné la tête droite, si l'on s'arrête à coup, les objets tournent horizontalement ; puis, si l'on incline l'axe de la sur le côté, ce n'est plus autour d'une ligne perpendiculaire au sol que les ts tournent, mais autour d'un axe incliné de la tête, c'est-à-dire que le mou- ent circulaire s'exécute obliquement de bas en haut. Le même phénomène a lorsqu'on tourne horizontalement sur soi-même, la tête penchée de côté, et n s'arrêtant brusquement on redresse la tête. Il ne faut pas confondre avec mouvements apparents d'autres qui dépendent d'images consécutives, et dont s aurons à traiter plus loin : rien de commun ne les rapproche, et ceux qui : dus au tournoiement peuvent avoir également lieu après qu'on a tourné sur même en fermant les yeux.

H. Effets de l'attention dans la vision.

'âme peut consacrer plus ou moins ou entièrement son attention à un sens ou utre. Lorsqu'elle est exclusivement occupée de l'un, elle perçoit peu ou point effets des autres. Sous ce rapport, le sens de la vue participe au sort commun ; ne ne reçoit aucune influence de sa part lorsqu'elle est plongée dans de pro- les contemplations. L'homme qui médite ne voit souvent rien, malgré la fixité es regards, parce que les effets des fibres nerveuses ne sont point en état d'ex- r le *sensorium* livré à d'autres occupations, et qu'ils se perdent dans le cerveau émouvoir l'attention. L'attention est donc nécessaire pour que nous voyions. s elle analyse aussi ce qui se passe dans le champ visuel. Tout n'est pas saisi c la même netteté par le champ visuel entier de la rétine ; c'est tantôt telle chose antôt telle autre qui frappe davantage. Une figure mathématique Fig. 143.



plexe se trouve saisie par nous de différentes manières, suivant nous consacrons notre attention à telle ou telle de ses parties. si, dans la figure ci-contre, c'est tantôt l'ensemble que nous issons le mieux, et tantôt les détails, les six triangles de la péri- rie, l'hexagone médian, ou les deux grands triangles. Plus une re est complexe, plus elle présente de variations au jeu de l'attention. Voilà rquoi les ornements de l'architecture sont pourvus à nos yeux d'une sorte nimation, parce qu'ils créent sans cesse de nouveaux matériaux à la vie de re activité représentative (1).

II. Effets consécutifs des impressions visuelles, ou images consécutives.

La durée des impressions sur la rétine est beaucoup plus longue que celle de

1) *Voy.* à ce sujet Purkinje, *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne.* gue, 1823. — Heermann, *Ueber die Bildung der Gesichtsvorstellungen aus den Gesichtsemp- lungen.* Hanovre, 1835.

l'action de la lumière. D'après Plateau (1), la sensation dure 0,32 à 0,35 seconde au delà de cette action, et la durée de l'impression consécutive croît en raison directe de celle de l'impression première : aussi peut-on conserver très longtemps dans l'œil l'image consécutive d'un objet éclairé, par exemple des carreaux d'une fenêtre, après qu'on les a regardés pendant un assez long temps de suite. La durée de ces images peut également être prolongée de beaucoup en faisant aller et venir la main devant les yeux fermés, de manière que ceux-ci soient alternativement plongés dans l'ombre et frappés de la lumière du jour. Cette persistance explique le phénomène du cercle de feu qu'on aperçoit quand on tourne une lumière en rond devant les yeux ; elle rend aussi raison du mélange des couleurs d'un disque coloré tournant, et de l'impossibilité de distinguer les uns des autres les rais d'une roue qui marche avec rapidité. Lorsque l'illumination n'est que momentanée, par exemple dans le cas d'éclair ou d'étincelle électrique, la confusion des images n'a point lieu, et l'on parvient même à distinguer les vibrations d'une corde.

Quand on contemple pendant fort longtemps un corps dont les parties se meuvent à la suite des unes des autres, les images consécutives conservent aussi une apparence de mouvement dans la même direction, parce qu'elles s'effacent successivement. C'est ainsi, à mon avis, que s'expliquent certains mouvements apparents. Si l'on a tenu ses regards fixés pendant longtemps sur les ondes d'une eau courante, et qu'on les reporte tout à coup sur le sol, celui-ci semble se mouvoir, mais en sens inverse du courant. J'ai souvent remarqué ce phénomène en regardant de ma fenêtre la rivière couler, et détournant ensuite mes yeux vers le pavé. Je l'ai observé aussi sur mer, en regardant tout à coup le pont du bâtiment après avoir regardé longtemps les flots passant le long de ses flancs. Si l'on admet qu'il y avait encore dans mon œil des images consécutives de vagues, qui disparaissaient les unes après les autres, en suivant le même ordre que celui de leur formation par l'effet du mouvement, le passage des images les unes au-devant des autres, quand les yeux sont reportés sur le sol, doit produire l'apparence d'un mouvement de ce dernier en sens opposé.

En considérant les images consécutives du point de vue de leurs qualités, on peut les rapporter à trois classes : ce sont ou des images consécutives incolores d'images dépourvues elles-mêmes de couleur, ou des images consécutives colorées d'images incolores, ou des images consécutives colorées d'images également colorées.

A. Images consécutives incolores après des images objectives incolores (2).

Les images consécutives pures d'objets blancs ou brillants sont aussi brillantes ou blanches ; celles des objets obscurs sont également obscures. Ainsi l'image consécutive d'une lumière mue avec rapidité est lumineuse. Lorsque, après une vive sensation, l'œil rentre soudainement en repos par la clôture des paupières, et qu'on le détourne de la clarté, ou mieux encore qu'on le couvre, l'image consécutive est blanche et lumineuse, ou obscure et noire, suivant que l'objet qui a causé cette

(1) *Annales de chimie*, 1833, t. LIII, p. 304.
(2) Mueller, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 401.

nsation était blanc, brillant, sombre ou noir. Si l'on fixe pendant longtemps les ux sur les vitres et le châssis d'une croisée, puis qu'on les ferme tout à coup, u'on se détourne de la fenêtre, et qu'on couvre les yeux avec la main, de manière u'il ne puisse plus y pénétrer de lumière, même à travers l'épaisseur des paupières, image consécutive est claire et celle du châssis obscure.

L'éclairage des images peut néanmoins, en certaines circonstances, se renverser ns l'image consécutive, de telle sorte que ce qui est lumineux paraisse noir, et ne ce qui était noir semble lumineux. Cette inversion a lieu toutes les fois que mage consécutive d'un objet brillant a été vue sur un fond objectif clair, lorsu'on ne ferme pas les yeux, et que, pour observer l'image consécutive, on fixe s regards sur une paroi ou une feuille de papier blanche. De là vient qu'après oir regardé le soleil, on aperçoit une tache noire ou grise sur un mur blanc, et ne tache blanche sur un espace tout à fait obscur. De même, les images consétives des vitres d'une croisée sont noires et celles du châssis blanches, lorsqu'en rmant les yeux on demeure tourné vers la fenêtre, de manière que la lumière isse encore à travers les paupières fermées, et affecte doucement la rétine. L'exication de ce phénomène est facile. Le point de l'œil qui a vu de la clarté conrve encore de l'irritation, et celui qui a vu du noir est, au contraire, tranquille beaucoup plus irritable. Si, dans cet état, on reporte l'œil sur une paroi anche, la lumière de la paroi produit une impression bien plus faible sur les nts irrités de la rétine que sur ceux qui étaient demeurés tranquilles et qui ont nservé plus d'irritabilité. De là vient que le point tranquille de cette membrane ui avait vu du noir auparavant, aperçoit la paroi blanche beaucoup plus claire ne le point qui avait vu de la lumière : de là aussi le renversement des images nsécutives.

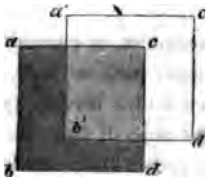
Des phénomènes analogues ont lieu même par l'effet d'un changement subit de clarté et de l'obscurité dans le champ visuel tout entier. En sortant des ténèbres, grande irritabilité de la rétine fait que nous voyons tout très éclairé, et, en pasnt d'un lieu éclairé dans un autre médiocrement obscur, nous ne distinguons 'abord rien, jusqu'à ce que la rétine se soit mise au repos, et son irritabilité en pport avec le faible degré de clarté : alors on distingue bien les objets. Un lieu lairé nous le paraît toujours plus qu'il ne l'est réellement, lorsque nous sortons 'un endroit obscur, et même quand il se trouve placé à côté de choses obscures.

Les mêmes phénomènes ont lieu aussi pour d'autres sens : le froid ne nous mble jamais plus sensible qu'après la chaleur, et il suffit d'une légère différence température, dans un lieu qui, en tout autre temps, nous semblerait chaud, ur que nous y éprouvions du froid au sortir d'un autre très échauffé. La clarté l'obscurité, le froid et le chaud, sont donc de simples relations.

Du reste, à chaque mouvement de l'œil, les images consécutives changent d'emlacement, eu égard au corps entier, et, par des motifs faciles à concevoir, elles paraissent toujours là où l'on tourne la rétine. Qu'on regarde pendant longtemps n carré noir sur un fond blanc, puis qu'on détourne un peu la vue sans que l'œil uitte entièrement le carré noir, une partie $a'c'd'$ de l'image consécutive tombe sur feuille blanche, et par conséquent forme comme une bordure plus claire à l'un des tés de cette image. L'image objective et l'image consécutive se superposent l'une l'autre dans une certaine étendue; une portion de l'image objective, abd, est

devenue libre. La portion libre de l'image consécutive, $a'c'd$ paraît très claire, la portion libre de l'objective abd très noire, et le point où ces deux images se superposent, gris, comme pour offrir en quelque sorte le terme moyen des deux états. Voici l'explication du phénomène : le point $a'c'd'$ de la rétine qui a vu du noir auparavant, voit le blanc plus clair, parce qu'il est tranquille; de là la bordure claire $a'c'd'$. Le point de l'image où le carré objectif et le carré subjectif se superposent n'a pas changé. Le point devenu libre de l'image objective abd semble plus noir qu'auparavant, parce que, le regard s'étant porté de côté, ce point tombe sur une partie de la rétine qui avait vu auparavant le fond blanc, et qui par cela même est émoussée.

Fig. 144.

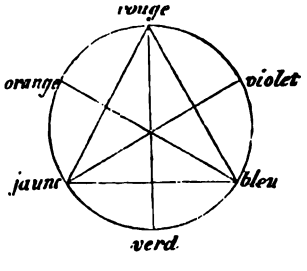


B. Images consécutives colorées après des images objectives incolores (1).

Quand la rétine a été affectée par une forte impression de clarté, telle que celle de la lumière du soleil même, l'image consécutive ne paraît pas seulement claire sur un fond noir, ou noire sur un fond clair, elle prend encore des couleurs subjectives, jusqu'à ce que la membrane soit entièrement revenue aux conditions ordinaires, et ces couleurs sont les états que la rétine parcourt depuis l'éblouissement jusqu'à son retour aux conditions normales. Dans l'image sombre du soleil sur un fond clair, les couleurs se succèdent, de la plus foncée à la plus claire, selon l'ordre suivant : noir, bleu, vert, jaune, blanc. Leur apparition commence sur le bord. Quand l'image consécutive est devenue blanche, on ne la distingue plus de la paroi blanche, c'est-à-dire que ce point de la rétine voit alors la paroi blanche de la même manière absolument que tous les autres points de la membrane qui n'ont pas été éblouis. Si l'œil se reporte du soleil dans l'obscurité, la succession des couleurs est du blanc au noir, des couleurs les plus claires aux plus sombres : blanc, jaune, orangé, rouge, violet, bleu et noir. Lorsque l'image consécutive a passé du blanc au noir, on ne la distingue plus du fond noir, c'est-à-dire que ce point de la rétine est devenu aussi tranquille que tous ceux qui n'avaient point été irrités auparavant.

Ces phénomènes, qu'on ne saurait expliquer par des causes objectives, sont une nouvelle preuve que les couleurs ont leur cause intérieure dans les états de la rétine elle-même.

Fig. 145.



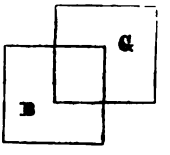
C. Images consécutives colorées après des images objectives colorées.

Les images consécutives d'images objectives colorées sont toujours colorées elles-mêmes; mais jamais elles ne reproduisent la couleur objective; elles offrent toujours la teinte complémentaire de la couleur primitive. Ainsi l'image consécutive du rouge est verte; celle du vert, rouge; celle du jaune, violette; celle du violet, jaune; celle du bleu, orangée; et celle de l'orangé, bleue.

(1) Goethe, *Farbenlehre*, p. 14.

Si l'on regarde pendant longtemps un champ d'un rouge vif sur un fond blanc, et qu'ensuite on détourne tout à coup le regard de côté sur le champ même, l'image consécutive du carré apparaît sous la même forme et les mêmes dimensions, mais verte. Si l'on ne détourne qu'un peu le regard, qu'on le fasse porter, par exemple, sur le côté de l'image objective, celle-ci et l'image consécutive se couvrent en partie, comme dans la figure 146; mais une partie de l'image objective B est libre, et une partie de l'image consécutive G l'est également : or cette dernière partie apparaît comme une bordure verte sur l'un des côtés de l'image objective. Là où les deux images se superposent, la couleur de l'image objective existe, mais tirant sur le gris, parce qu'en cet endroit la rétine est plus émoussée pour le rouge par l'image consécutive verte, que ne l'est la portion libre de l'image objective B, reposant sur une partie de la rétine qui voyait le fond blanc avant qu'on détournât le regard.

Fig. 146.



Ce phénomène peut être expliqué de deux manières, par les principes de la physique et par ceux de la physiologie :

1° *Explication physique.* La lumière blanche renferme toutes les couleurs à la fois. Lorsque la rétine se détourne d'une image objective rouge, elle est émoussée par la lumière rouge, mais susceptible encore de sentir les autres lumières colorées. La reporte-t-on ensuite sur une paroi blanche, son émoussement pour le rouge ne lui permet plus de sentir le rouge contenu dans la lumière de la paroi, mais ne l'empêche pas d'apercevoir les autres couleurs, c'est-à-dire la couleur complémentaire du rouge, ou le vert.

2° *Explication physiologique.* La vue d'une des trois couleurs principales n'est qu'un des trois états auxquels la rétine tend dans l'état d'irritation. Si l'art excite cet état, la rétine se trouve au maximum de tendance à la couleur complémentaire, qui par conséquent apparaît dans l'image consécutive.

Les deux explications sont, en général, satisfaisantes. La première semble même plus précise et plus vraisemblable : cependant les faits lui ôtent de sa probabilité ; car, si la paroi blanche est la cause de l'image consécutive colorée, la couleur complémentaire ne doit plus apparaître sur un fond obscur. Or l'image consécutive d'une couleur est toujours complémentaire dans ce cas (1), et elle demeure telle quand on regarde dans un espace totalement obscur.

Tous les hommes ne sont point également accessibles aux phénomènes des images consécutives colorées. Il s'en trouve auxquels on a de la peine à les montrer, tandis que d'autres les voient sur-le-champ. Mais, lorsqu'on les a une fois observés, on parvient à les faire renaître avec une grande facilité. La plupart des hommes connaissent peu les images consécutives, faute d'attention. Une fois cependant qu'on les connaît, on en est poursuivi souvent jusqu'à la fatigue. Ici se rangent les bordures claires des objets pendant le crépuscule, ce qui tient à ce que l'on aperçoit l'image consécutive sur l'un ou l'autre bord. Telles sont aussi les apparentes lueurs qui entourent quelquefois les objets, et qui sont devenues un mystère pour certains hommes. Celui que le fanatisme fait tomber en extase devant une image peut en voir l'image consécutive partout où il tourne ses regards.

1) Mueller's *Archiv*, 1834, p. 144.

III. Conflit entre les différentes parties de la rétine.

Quoique les particules de la rétine représentent invariablement chacune la place qu'elle occupe dans le champ visuel, cependant il y a entre elles un certain conflit en vertu duquel l'état de l'une influe sur celui de l'autre, et l'image qui se dessine sur l'une peut être modifiée par celle qui se peint sur l'autre. Un grand nombre de phénomènes qu'on a jusqu'ici considérés comme différents les uns des autres, peuvent être rangés sous cette rubrique commune, tels que la disparition des images, l'échange de leurs couleurs contre celle du fond, la manifestation de couleurs opposées en diverses circonstances, les ombres colorées, l'effet du clair sur la sensation de l'obscur, et *vice versa*.

On peut rapporter ces phénomènes à deux classes. Dans l'une, l'état de la partie la plus grande de la rétine se communique à la plus petite; dans l'autre, l'état de la partie la plus grande de cette membrane en détermine un opposé dans la plus petite.

A. Communication des états entre les diverses parties de la rétine. Irradiation.

Lorsque deux impressions opposées ont lieu à la fois dans une image, l'une influe sur l'autre en certaines circonstances (1). Si l'image représente à moitié l'un de ces états et à moitié aussi l'autre, l'action n'a point lieu; car les deux moitiés se font pour ainsi dire équilibre l'une à l'autre. Mais, si l'une des impressions n'occupe qu'une petite partie de la rétine, et que l'autre occupe la plus grande partie de cette membrane, il peut arriver, quand on contemple très longtemps la première, qu'elle se répande sur la membrane entière, et fasse disparaître la petite image opposée, à la place de laquelle apparaît alors l'illumination du fond. Les parties latérales de la rétine, placées hors de l'axe, sont plus appropriées que son milieu à ces phénomènes; mais aucune n'en est exempte. C'est surtout à l'entrée du nerf optique qu'on les observe.

1. *Disparition des objets visuels en dehors de l'entrée du nerf optique.*

Que l'on regarde, jusqu'à ce que l'œil éprouve de la fatigue, un morceau de papier placé sur un fond blanc : tout à coup l'impression colorée disparaît entièrement pour un court espace de temps, et le fond blanc prend sa place, de manière que l'image colorée semble avoir été comme effacée de ce fond. C'est sur les parties latérales de la rétine que le phénomène réussit le plus facilement; cependant la partie moyenne de la membrane est susceptible aussi de l'offrir, comme on se tarde pas à s'en convaincre par l'expérience.

Purkinje a décrit ces phénomènes. Ils prouvent que, quand l'impression dure longtemps, les particules de la rétine se communiquent réciproquement leurs états, et que leur activité est susceptible d'un certain degré, assez borné d'ailleurs, d'irradiation dans le sens de la largeur. Les images colorées sur un fond blanc sont

(1) *Cons.* à ce sujet un mémoire de Plateau, dans Poggendorff's *Annalen*, t. I, cah. 1, 2, 3.

elles qu'il faut choisir de préférence : une petite figure noire disparaît très difficilement et fort tard sur un fond blanc, parce que la sensation d'une impression est plus vive, quand celle du contraire a lieu en même temps. Au reste la disparition ne dure que quelques secondes ; après quoi, l'image objective redevient visible.

2. *Disparition des objets visuels à l'entrée même du nerf optique.*

La disparition des objets visuels à l'entrée du nerf optique est connue depuis longtemps, et elle a été découverte par Mariotte. Mais c'est une prérogative qui n'appartient pas à ce point seul du nerf; il la possède seulement à un plus haut degré que les autres. Si, d'un œil, on considère un point de manière qu'un objet placé de côté doive projeter son image sur l'entrée du nerf optique, l'image disparaît subitement, ou du moins très vite. Si, par exemple, on ferme l'œil gauche, et que de l'œil droit on regarde le point ci-contre à une distance de cinq pouces, la croix s'efface, et à sa place paraît la couleur du fond. La distance de l'objet à l'œil doit être environ cinq fois plus grande que celle de la croix au point. Ce qui prouve que le phénomène dépend de l'entrée du nerf optique, c'est que, quand on procède en sens inverse, c'est-à-dire quand on regarde la croix, le point ne disparaît pas, ou du moins ne le fait pas plus vite que sur toute autre partie de la rétine.

On a conclu à tort de cette expérience que l'entrée du nerf optique est tout à fait insensible ; le nerf y sent réellement, mais il y sent la couleur du fond, ou l'impression qui prédomine, soit dans le reste de la rétine, soit dans les portions les plus approchées de l'étendue de cette membrane.

Il suit de ces phénomènes que les particules de la rétine sont susceptibles d'un certain degré de réaction les unes sur les autres. Mais cette réaction peut aussi s'exercer d'une tout autre manière, comme le prouveront les phénomènes décrits dans l'article suivant.

B. Excitation d'états opposés dans des parties contiguës de la rétine.

Dans les phénomènes qui viennent d'être décrits, l'impression dominante se propage en largeur, sans subir aucun changement, et fait taire l'impression moins étendue qui diffère d'elle. Dans ceux dont il nous reste à parler, l'une des impressions change l'autre de telle sorte que la seconde persiste, mais montre en même temps le contraire de la première. Les phénomènes mentionnés précédemment n'ont lieu que peu à peu, et à la suite d'une contemplation prolongée des images ; ceux dont il va être question arrivent instantanément et durent.

1. *Images claires et obscures qui deviennent plus prononcées par contraste.*

Un champ gris sur un fond blanc paraît plus obscur sur ce fond que quand on contemple une teinte de gris répandue uniformément sur le champ visuel entier. Une ombre tranche d'autant mieux, par contraste, que la lumière qui l'occasionne est plus vive. Je citerai l'exemple suivant, pris parmi beaucoup d'autres. Qu'on éclaire un papier blanc avec une bougie, il produit l'impression du blanc ; mais

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
CALIF.

qu'on place une seconde bougie à quelque distance de la première, et qu'à l'aide d'un corps on fasse naître une ombre, celle-ci est grise, quoique le lieu qu'elle occupe soit tout aussi éclairé par la première bougie qu'il l'était auparavant. On voit paraître grise la place qui, avant l'approche de la seconde bougie, paraissait blanche. C'est la même raison qui rend une ombre bien plus foncée sur un champ blanc que quand on la contemple seule à travers un tube (1).

2. *Couleurs physiologiques par contraste* (2).

Si l'on considère un très petit morceau de papier gris sur un grand champ éclairé, il paraît, non plus entièrement gris, mais offrant une légère teinte colorée, qui est le contraste de la couleur objective du champ. Ainsi, par exemple, on le voit rougeâtre sur un fond vert, verdâtre sur un fond rouge, orangé sur un fond bleu clair, bleuâtre sur un fond orangé, jaunâtre sur un fond violet clair, et violet sur un fond jaune clair. Pour apercevoir ce phénomène, il est nécessaire que le fond coloré ait une couleur claire très pure, qui renferme en même temps beaucoup de lumière blanche. Tous les papiers colorés ne conviennent point. Le phénomène n'est jamais plus sensible que quand on tient devant la lumière d'une lampe un verre couvert de papier mince, sur un point duquel se trouve fixé le petit morceau de papier gris. Celui-ci apparaît alors très facilement avec la couleur qui fait contraste. Les contrastes physiologiques sont précisément ce que nous avons appris plus haut à connaître sous le nom de couleurs complémentaires. La couleur contrastante qui se manifeste donne toujours, avec la primitive, la somme des trois couleurs principales, bleu, rouge, jaune. Ainsi, par exemple, la couleur contrastante du jaune est le violet, qui contient du bleu et du rouge; ainsi le jaune et son contraste, pris ensemble, sont autant que du jaune, du bleu et du rouge, ou que toutes les couleurs réunies.

Les couleurs contrastantes étant purement subjectives, il suit de ces phénomènes que la couleur qui contraste est provoquée, comme état opposé à la rétine, par la couleur objective, et que les oppositions qui naissent dans cette membrane se font équilibre par conflit, ou réaction mutuelle. Ces phénomènes prouvent aussi que, au point de vue physiologique, les couleurs ne sont que des états déterminés de la rétine, qui peuvent s'appeler réciproquement dans les différentes parties de cette membrane. Une condition nécessaire pour la manifestation du contraste physiologique est un repos relatif à l'endroit où il doit éclater; or le repos relatif est le gris : aussi n'y a-t-il que le gris qui fasse apercevoir coloré le contraste d'une couleur objective. Une seconde condition tient à ce que la couleur objective soit très claire.

Il paraît qu'on doit ranger également ici quelques phénomènes qui ont été observés par Smith, Brewster et moi (3). Lorsqu'on tient la flamme d'une bougie

(1) *Cons.*, pour beaucoup d'autres phénomènes du même genre, l'ouvrage de Tourtual, *Die Erscheinung des Schattens und deren physiologische Bedingungen, nebst Bemerkungen ueber die wechselseitigen Verhaeltnisse der Farben.* Berlin, 1830.

(2) E. Chevreul, *De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications.* Paris, 1839.

(3) Mueller's *Archiv*, 1834, p. 144, 145. — Smith dans *Lond. and Edinb. phil. Magaz.*, 1832, octobre, p. 249.

s de l'œil droit pour qu'elle ne puisse pas être aperçue de l'œil gauche, dirige les deux yeux sur une bande de papier blanc, en les plaçant de qu'ils la voient double, le papier paraît vert à l'œil droit, et rougeâtre à che. Cette remarque, que Smith a faite le premier, a été reprise par r. Smith en concluait que la lumière agissant sur l'œil droit exerce réelle- n vertu du concours du cerveau, de l'influence sur la vue de l'œil gauche, ert et le rouge sont complémentaires l'un de l'autre, que la couleur verte d'une diminution de la sensibilité de l'œil droit pour la couleur rouge, et ur rouge, d'une exaltation correspondante de la sensibilité de l'œil gauche lumière rouge. Brewster prétend, au contraire, que les couleurs tiennent à e de la lumière qui tombe sur la bande de papier, qu'elles ne sont point nentaires, et que, quand on emploie de la lumière blanche pure, l'œil non ait le papier incolore. Il a tenté beaucoup d'expériences qui ne paraissent · la question à clair. On peut faire l'expérience avec un seul œil, en fer- utre. Si l'on contemple d'un seul œil la bande mince de papier posée sur noir, pendant qu'une bougie l'éclaire de côté, elle paraît d'un blanc pâle. considère du même œil, tandis qu'elle se trouve dans l'ombre, on la voit uc jaunâtre. Qu'on la regarde alors de manière à ne l'apercevoir qu'in- ment, c'est-à-dire en opérant dans l'œil les changements nécessaires pour e distance, l'œil, s'il est en même temps éclairé, la voit verte, et, s'il est mbre, l'aperçoit rougeâtre. Cette expérience démontre que la lumière e de la bougie ne laisse paraître la bande de papier avec une teinte jaunâtre nd le reste de l'œil n'est point affecté en même temps par la même lumière e, c'est-à-dire quand il est dans l'ombre ; qu'au contraire, lorsque les au- ies de la rétine sont éclairées par de la lumière d'un jaune rougeâtre, un e physiologique se dessine entre le reste de cette membrane et sa partie la bande de papier : d'où il suit que celle-ci doit paraître plus pâle que premier cas, et offrir une teinte de verdâtre pâle, à cause du contraste autres parties de la rétine qui reçoivent une lumière rouge-jaunâtre. J'ai ine à concevoir pourquoi c'est précisément lorsque la vue est indistincte e couleur verdâtre apparaît.

3. *Ombres colorées.*

énomène des ombres colorées appartient à la même catégorie que les pré- Cependant toutes les ombres colorées ne sont pas de cette espèce, et il y certain nombre qui ne reconnaissent pour cause que l'éclairage d'une om- une lumière colorée.

a. Ombres colorées objectives.

ue l'ombre d'un corps, produite par une lumière incolore ou colorée, se clairée elle-même par une autre lumière colorée, elle a tout naturellement arence de coloration. Pendant le crépuscule du soir, les ombres des corps nt bleues ou jaunes à la lumière artificielle, suivant qu'elles sont éclairées a lumière bleuâtre du ciel, ou par celle de la bougie. En effet, le double donne lieu à deux ombres de couleur diverse. Dans ces circonstances,

l'une des deux ombres qu'une petite tige projette sur du papier blanc, est jaune, et l'autre bleue, parce qu'elles sont éclairées, la première par la lumière artificielle, et la seconde par la lumière bleuâtre du ciel. Aucun des autres points du papier n'a de couleur prédominante, attendu que tous sont éclairés à la fois par les deux lumières. Pohlmann a démontré que ces ombres sont de nature entièrement objective (1).

b. Ombres colorées subjectives.

Si l'on fait tomber, soit à travers un verre de couleur, soit par réflexion, une lumière colorée sur une table blanche, et que, sur la surface qui paraît alors colorée, on fasse naître une ombre au moyen d'un corps grêle placé au-devant de la lumière, puis, qu'on éclaire cette ombre avec la lumière blanche du jour, alors elle offre la teinte complémentaire de la couleur primitive, savoir : le vert pour la lumière rouge, le rouge pour la verte, le violet pour la jaune, le jaune pour la violette, l'orangé pour la bleue, et le bleu pour l'orangée. L'expérience réussit alors même qu'on se sert de la lumière artificielle pour éclairer l'ombre. L'illumination de celle-ci par de la lumière incolore est une condition nécessaire à la production du phénomène. Si l'on fait entrer un rayon de lumière colorée dans un espace obscur, et qu'on y détermine une ombre, celle-ci, comme l'a montré Grotthus, n'est point colorée. Il faut donc le concours de la lumière blanche pour donner lieu au phénomène, soit parce qu'elle exerce de l'influence sur la lumière colorée, soit parce qu'elle provoque l'ombre colorée de la rétine. Quelques explications qu'on a données jadis du phénomène doivent être passées sous silence ; la seule admissible ne peut reposer que sur un changement objectif, sur des modifications réciproques de la lumière colorée et de la lumière blanche, ou sur les phénomènes physiologiques du contraste.

Munchow a essayé une explication qui se base sur des causes objectives. Elle a pour point de départ l'hypothèse que la lumière colorée possède, dans l'espace occupé par elle, la propriété de réduire à l'inaction la portion homogène à elle-même de la lumière incolore qui pénètre d'ailleurs dans cet espace, et de ne laisser percer que la lumière complémentaire (2). D'après cette hypothèse de Munchow, lorsque de la lumière bleue se rencontre avec de la lumière blanche, elle et la portion bleue de celle-ci se neutralisent réciproquement, de manière qu'il ne reste plus que la couleur complémentaire du bleu, ou l'orangé. Munchow, pour établir la possibilité d'une action exercée mutuellement l'une sur l'autre par deux lumières provenant de côtés différents, invoque une expérience de Frauenhofer, d'après laquelle un rayon lumineux peut en détourner un autre de sa direction. Pohlmann a réfuté cette hypothèse par une expérience. La lumière colorée d'un disque en verre éclaire une surface blanche dans l'intérieur d'une caisse, et sur le disque se trouve une cordelette dont l'ombre se projette sur le fond blanc ; mais, au lieu d'éclairer l'ombre de la lumière colorée par la lumière du jour, il ne laisse parvenir cette dernière qu'à travers un tuyau dont l'extrémité plonge dans l'ombre. A la

(1) *Voy.* Poggendorff's *Annalen*, t. XXXVII, p. 319. — Zschokke, *Die farbigen Schatten, ihr Entstehen und ihr Gesetz*, Aarau, 1826.

(2) *Voy.* Pohlmann, *loc cit.*, p. 323.

érité, dans cette expérience, une certaine quantité de lumière colorée peut être rojetée sur l'ombre par la réflexion des parois de la caisse, et produire le même ffet sur la lumière du jour.

L'explication la plus ordinaire des ombres colorées est celle qui les attribue aux ontrastes physiologiques, de manière que les couleurs complémentaires de l'ombre sont regardées comme étant purement subjectives. Cette théorie est adoptée ar Rumford, Goethe, Grothuss, Brandes, Tourtual, Pohlmann, et la plupart des hysiciens.

On peut alléguer en sa faveur l'observation déjà faite par Rumford, que la couleur de l'ombre ne saurait être distinguée d'une ombre incolore lorsqu'on contemple l'ombre seule, sans le fond coloré, à travers un tuyau.

Les phénomènes dont il a été question dans l'article précédent la rendent très raisemblable. Là, en effet, il n'y avait aucun de ces éléments d'erreur qui se présentent dans les ombres colorées. Un petit champ gris sur un fond vert blanchâtre clair a une teinte claire lorsque la couleur du vert renferme beaucoup de lumière; si le vert n'est point clair et blanchâtre, le spectre gris conserve son simple gris. Le procédé suivant peut être employé pour obtenir des couleurs claires : on tient immédiatement devant une lampe un verre vert sur lequel est collée une petite bande de papier qu'éclaire une lumière incolore; on a ainsi du rouge. De cette manière, le phénomène se trouve réduit aux plus simples conditions.

C. Effets agréables des contrastes physiologiques. Principes physiologiques de l'harmonie des couleurs (1). Théorie de Goethe.

Les phénomènes dont vient d'être donnée la description prouvent que la rétine est mise par une seule couleur dans un état qu'on pourrait appeler unilatéral ou incomplet, et qu'elle tend d'elle-même à développer les contrastes qui complètent cet état. Nous ne devons donc point être surpris de ce que les associations de couleurs qui renferment déjà ces contrastes au complet font une impression agréable et salutaire sur l'œil et l'âme. En effet, toutes les couleurs complémentaires plaisent, et celles qui ne le sont pas choquent lorsqu'elles dominent. Dans ce sens, on peut dire que les premières sont harmoniques, et que les autres ne le sont point. Un assortiment de couleurs complémentaires est harmonique, et un assemblage de couleurs non complémentaires l'est d'autant moins qu'il y a moins de rapport entre ces dernières. Un rouge ardent qui prédomine affecte aussi désagréablement la vue qu'un jaune ou qu'un bleu uniforme : aussi l'instinct porte-t-il les hommes à adoucir ces couleurs, et à les rendre plus supportables, par l'addition du blanc ou du gris, toutes les fois qu'il y a nécessité de les étaler sur de larges surfaces. En revanche, le rouge le plus pur flatte à côté du vert, son complémentaire, le bleu auprès de l'orangé ou du jaune d'or, le jaune dans le voisinage du violet. Les femmes qui ont du goût adoucissent les couleurs de leurs vêtements, quand elles sont uniformes, en les choisissant d'une teinte foncée, ou, si elles portent des couleurs pures, elles les associent harmoniquement, par exemple un châle rouge sur une robe verte, du lilas sur du jaune, du bleu avec de l'orangé. Quel magni-

1) Szokalski, *Essai sur les sensations des couleurs*. Bruxelles, 1840.

licence et quel éclat dans l'union du jaune d'or et du bleu, dans la frange dorée qui borde une draperie bleue! Mais la mise d'une femme portant ensemble du jaune pur et du rouge, ou du jaune pur et du bleu, ou du rouge et du bleu, choque autant la vue qu'elle annonce peu de goût; ce n'est que dans les insignes des nations et les uniformes militaires qu'on voit de ces associations tranchantes.

Ce qu'il y a de plus choquant et de plus désagréable, c'est le rapprochement de deux couleurs pures sans la complémentaire; par exemple, du jaune et du rouge, ou du bleu et du rouge, ou du jaune et du bleu. Il y a là défaut d'harmonie. L'association de deux couleurs, dont une fait passage à l'autre, n'est ni harmonique ni désharmonique, comme celle du jaune et du vert, ou du rouge et de l'orangé, ou du violet et du bleu. Un défaut d'harmonie peut disparaître par l'addition d'une troisième couleur qui soit harmonique avec l'une des deux autres, et indifférente quant à la seconde. Je citerai pour exemples le rouge, le vert et le jaune; le jaune, le violet et le rouge; le bleu, l'orangé et le rouge; le rouge, le vert et le bleu, etc. Le défaut d'harmonie entre le rouge et le jaune cesse en raison du vert, qui est harmonique avec le rouge, et indifférent quant au jaune.

Les peintres font, sciemment ou à leur insu, des applications fréquentes de ces principes physiologiques; car l'impression agréable des couleurs d'un tableau tient à l'habileté avec laquelle l'artiste a su rapprocher les harmonies et sauver les discordances. Ce principe est souvent poussé jusqu'à l'observation des ombres colorées. Un choix calculé de couleurs ternes et grises évite l'erreur des désharmonies, mais prive aussi du puissant charme des couleurs harmoniques. Runge a traité fort au long de ce sujet dans son ouvrage sur les couleurs.

IV. Action simultanée des deux yeux.

L'action simultanée des deux yeux donne lieu aux phénomènes de la vue simple avec deux organes dans certaines conditions, à ceux de la vue double dans d'autres circonstances, et à ceux de la rivalité des champs optiques des deux yeux.

A. Vue simple avec deux yeux.

Quelques physiologistes ont pensé que le moyen le plus facile d'expliquer comment on voit les objets simples avec deux organes, consiste à admettre, avec Gall, qu'on ne voit pas avec les deux yeux à la fois, mais seulement tantôt avec l'un, tantôt avec l'autre (1). A la vérité, certaines personnes dont les deux yeux ont une portée fort inégale, sont dans l'habitude d'en employer un de préférence à l'autre; mais, chez la plupart des hommes, tous deux concourent ensemble à la vision du même objet, ce dont il est facile de se convaincre par les doubles images qui se produisent dans des conditions déterminées. De deux doigts placés l'un derrière l'autre, le premier paraît double lorsqu'on regarde le second, qui alors paraît simple; et le second paraît double, lorsqu'on regarde le premier, qui alors paraît simple : l'une des deux images appartient à un œil, et l'autre à l'autre.

La vue simple avec les deux yeux n'a lieu que dans des points déterminés de la rétine; d'autres points de cette membrane des deux yeux voient toujours double

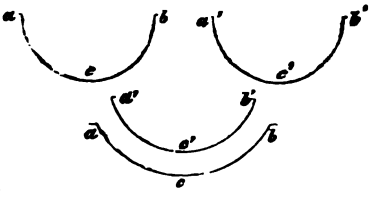
(1 A. Prevost, *Essai sur la théorie de la vision binoculaire*, Genève, 1843, p. 4.

rsqu'ils sont affectés simultanément. Il s'agit d'abord d'apprendre à connaître ar l'expérience quels sont les points des deux rétines qui ont la propriété, quand ls sont affectés ensemble, de voir leur image au même endroit du champ visuel. 'our abréger, on peut donner à ces points l'épithète d'identiques. Voici comment n les connaît.

Si, après s'être placé dans l'obscurité, en tenant les yeux fermés, on comprime vec le doigt un point déterminé de son œil, et par conséquent de sa rétine, on perçoit un cercle de feu dans le champ visuel ; par des motifs qui ont été expliqués précédemment, le cercle correspondant au point comprimé apparaît sur le ôté opposé du champ visuel. Si l'on appuie un doigt sur la partie supérieure de 'un des yeux, et un autre doigt sur la partie inférieure de l'autre œil, on voit deux ercles de feu, l'un supérieur, l'autre inférieur, qui appartiennent, le premier à 'œil comprimé en bas, le second à l'œil comprimé en haut. Ces points des deux eux ne sont donc pas identiques, puisqu'ils voient leurs affections dans des endroits tout à fait différents. Si l'on comprime le côté externe des deux yeux, il se produit aussi deux figures, dont chacune appartient au point comprimé qui lui est opposé. Si l'on comprime le côté interne des deux yeux, il apparaît également deux cercles de feu aux côtés externes du champ visuel ; celui de droite appartient à l'œil gauche, et celui de gauche à l'œil droit. Ce qu'il y a de certain, c'est que ni la partie supérieure d'une rétine et l'inférieure de l'autre, ni les côtés externes ou internes des deux rétines ne sont identiques ensemble. Ils voient toujours leurs affections en des lieux différents, et la distance des lieux comporte souvent la largeur entière du champ visuel.

Au contraire, le côté externe d'un œil et le côté interne de l'autre, ou a de l'œil A et a' de l'œil B, b de l'œil A et b' de l'œil B, sont identiques ensemble. Il y a, de plus, identité entre la partie supérieure l'un œil et la partie supérieure de l'autre, ntre la partie inférieure de l'un et la partie nférieure de l'autre. Par exemple, si l'on ppuie le doigt, dans l'obscurité, sur le as des deux yeux fermés, il ne paraît u'un seul cercle de feu en haut, dans e milieu du champ visuel : si l'on com-

Fig. 147.



rime les deux yeux en haut, on n'aperçoit qu'un seul cercle de feu en bas, ans le milieu du champ visuel. De même, quand on comprime le côté externe a e l'œil A, et le côté interne a' de l'œil B, ou, ce qui revient au même, le côté auche des deux yeux, il ne se montre qu'un seul cercle de feu, qui est placé à extrême droite. Comprime-t-on, au contraire, b d'un œil et b' de l'autre, ou le ôté droit des deux yeux à la fois, il n'y a non plus qu'un seul cercle de feu, mais itué à l'extrême gauche. En un mot, on peut concevoir les sphères des deux réines se couvrant, en quelque sorte, comme dans la figure précédente, de manière ue la gauche de l'une soit identique avec celle de l'autre, la droite de l'une avec elle de l'autre, le haut de l'une avec celui de l'autre, et le bas de l'une avec celui e l'autre ; a couvre a', b couvre b', c couvre c'.

Les points situés entre a et c dans un œil ne sont pas identiques avec les points orrespondants placés entre a' et c' de l'autre, ni les points intermédiaires b et c

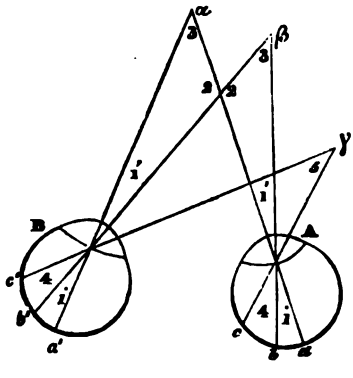
de l'un avec ceux qui leur correspondent dans l'autre; car, si l'on traîne les doigts sur les deux yeux à partir des mêmes points, si, par exemple, on comprime uniformément les yeux en allant du côté gauche vers le haut, la figure produite demeure toujours simple, et l'on peut tourner aussi en cercle sans cesser d'apercevoir cette figure simple; mais, dès que le doigt qui exerce la compression s'éloigne de ces points identiques des deux yeux, sur-le-champ il apparaît des images doubles.

Ces expériences procurent déjà la conviction que ce qui se trouve dans des points parfaitement correspondants est identique aussi: or, les points parfaitement correspondants sur la coupe de la sphère de la rétine sont ceux qui occupent le même méridien et le même parallèle, en considérant le milieu de la membrane comme pôle, ou ce qui se trouve dans une même direction, à une même distance du milieu de la rétine. Tous les autres points des deux membranes sont différents; viennent-ils à être affectés, les choses se passent comme si des points différents d'un même œil l'avaient été, et les images doubles de l'œil A et de l'œil B sont aussi éloignées l'une de l'autre que l'image de l'œil A l'est du point de l'œil B avec le point de la double image dans l'œil B est identique.

Ou, pour en revenir à la figure précédente, lorsque a d'un œil se trouve affecté, que b' l'est dans l'autre, comme il y a identité entre a et a', de même qu'entre b et b', la distance entre les doubles images a et b' est précisément égale à celle entre a et b dans l'un des yeux, ou à celle entre a' et b' dans l'autre; car les choses se passent exactement comme si les points a et b du seul œil A étaient affectés.

L'application aux phénomènes objectifs de vision ressort maintenant de soi même. Si les yeux sont tellement placés par rapport à l'objet radieux que des images semblables du même objet tombent sur des parties identiques des deux rétines, l'objet ne peut être vu que simple; mais, dans tout autre cas, il doit y avoir des images doubles: or, la position des deux yeux, eu égard à l'objet, dans laquelle des points identiques de ces deux organes reçoivent de lui une image, est celle dans laquelle les axes des deux yeux se rencontrent sur un même point de l'objet, comme il arrive toujours quand on regarde celui-ci.

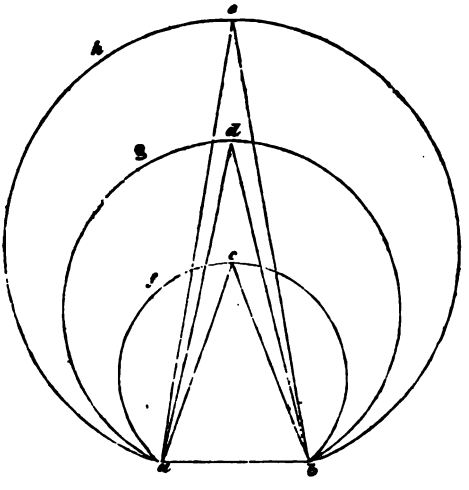
Fig. 148.



Que les axes des yeux A et B soient dirigés de manière à se concentrer en α, alors α sera vu simple au même endroit, dans le milieu du champ visuel, parce qu'il y a une identité entre a d'un œil et a' de l'autre. Mais d'autres objets situés sur le côté de α, par exemple β et γ peuvent également apparaître simples. Que β soit placé de telle sorte que son image dans les deux yeux tombe à une égale distance du milieu de la rétine, savoir, en b de l'un des yeux et en b' de l'autre, il paraît simple sur des points identiques des deux rétines. La même chose a lieu pour γ, si la distance de c à a dans l'œil A est égale à celle de c' à a' dans l'œil B.

Une ligne ou un plan qui passe par le point de convergence des deux axes oculaires, ou par le point de fixation, avait reçu des anciens le nom de *horoptre*, et l'on se figurait que les objets situés sur le côté de l'horoptre étaient également imples. Une analyse plus rigoureuse démontre cependant que l'horoptre n'est ni me ligne droite ni un plan, mais qu'il représente une surface circulaire. La uestion est effectivement de savoir si $a\ b\ c$ d'un œil étant égal à $a'\ b'\ c'$ de l'autre œil, ou les angles 1 et 4 d'un œil aux angles 1 et 4 de l'autre, les points α, β, γ peuvent être situés en ligne droite, et sur quelle ligne ils se trouvent. $ab = a'b'$, d'après la supposition que l'angle 1 dans l'œil A est égal à l'angle 1 dans l'œil B : par conséquent, l'angle 1′ est égal à l'angle 1′. Mais, comme l'angle 2 est égal à l'angle 2, l'angle 3 doit être égal à l'angle 3. On prouve de même que l'angle 5 en γ est égal à l'angle 3, car $bc = b'c'$, c'est-à-dire qu'il y a égalité entre les angles 4 et 4. Mais, si les angles 3, 3, 5 sont égaux, α, β, γ ne peuvent être une ligne droite, car il n'y a que le cercle qui ait pour propriété que les triangles élevés d'une de ses cordes à la périphérie aient des angles égaux à cette périphérie (1).

Fig. 149.



L'horoptre est donc toujours un cercle dont la corde est la distance des deux eux, ou plus exactement le point d'entrecroisement des rayons lumineux dans les eux yeux ; et ce cercle est déterminé par trois points, savoir, par les deux yeux par le point de fixation des axes oculaires. Soit *ab* la distance des deux yeux, cercle *f* est l'horoptre pour le point de convergence des axes oculaires en *c* ; le rcle *g* est celui du point de convergence *d* ; le cercle *h* pour le point de convergence *e*, etc.

La vue simple par des points identiques des deux rétines doit avoir sa cause ns l'organisation des parties profondes ou cérébrales de l'appareil visuel, et, ns tous les cas, une cause organique ; car jamais ce n'est une propriété de nerfs irs, que de rapporter leurs affections à un même lieu. Il est fort invraisemblable ssi que l'identité des points correspondants des rétines soit la conséquence d'une rtaine habitude contractée, ou de l'imagination. La congruence des deux rétines en un même champ visuel, quelle qu'en puisse être la cause, est bien plutôt source de toutes les idées qui naissent ultérieurement de la vue simple et de la e double.

(1) La découverte de la vraie forme de l'horoptre m'a été attribuée par quelques physiologistes, et moi-même j'ai cru qu'elle m'appartenait, jusqu'au moment où j'ai trouvé que Vieth ait déjà reconnu la nécessité de la forme circulaire de l'horoptre (Gilbert, *Annalen*, t. LVIII, 233).

On a objecté contre la constante identité des points correspondants des deux rétines, que la vue double a lieu dans le vertige, dans l'ivresse, dans des maladies nerveuses, où l'harmonie des mouvements des deux yeux ne semble cependant pas être troublée. Mais, s'il doit se produire des images doubles dès qu'on ne regarde point un objet, ou dès qu'il ne se trouve pas compris dans l'horoptre, ce phénomène n'est jamais plus naturel et plus nécessaire que dans le vertige, l'ivresse, et les fièvres nerveuses. Il n'est pas vrai non plus, comme l'ont prétendu Treviranus, Steinbach, et d'autres avant eux, que l'identité des champs visuels soit acquise, et que, si la vue double a lieu au commencement du strabisme, il se produise plus tard, en proportion du déplacement des yeux, une nouvelle identité des rétines, différente de la première, qui fait que, malgré le strabisme, la vue simple se trouve rétablie. Le strabisme est relatif. En vertu de la convergence des axes oculaires sur l'objet, la position de nos yeux pour apercevoir un corps très rapproché est celle d'une personne qui louche, si on la compare à celle que ces organes affectent pour regarder un corps éloigné. Lorsque les yeux se trouvent morbidement dirigés en dedans, on devrait voir simple ce qui est placé dans l'horoptre de cette situation, et l'on ne conçoit pas quelle est la distance pour laquelle il devrait alors se former une nouvelle identité des rétines, puisque l'œil qui ne louche point voit à toutes les distances. D'ailleurs les observations faites sur les personnes qui louchent ne prouvent pas que le rapport originaire des points identiques des deux rétines soit détruit : elles attestent seulement que l'œil qui louche est, en général, inactif (1). Il arrive fort souvent au strabisme d'être associé à la presbytie ou à la myopie d'un des yeux. Le champ visuel de l'œil qui louche, ayant une tout autre portée, trouble peu ou point celui de l'œil sain. La même chose a lieu quand on regarde avec l'un des yeux dans le microscope et avec l'autre sur la table : le champ visuel de celui-ci trouble très peu celui de l'autre, quoique placé au même endroit, parce que, quand l'un des yeux s'accommode pour l'image du microscope, l'autre l'imite, et en conséquence ne voit pas distinctement la table. J'ai tout récemment examiné une personne louche ; dans les conditions ordinaires de la production des images doubles, conditions sur lesquelles je reviendrai plus loin, il ne lui arrive jamais, quand plusieurs objets sont placés devant elle à diverses distances, d'en voir un double lorsqu'elle regarde les autres d'un seul œil.

La congruence des points identiques des deux rétines est donc innée, et elle ne change jamais. On peut comparer les deux yeux à deux tiges sortant d'une même racine dont chacune des particules est, en quelque sorte, fendue en deux branches pour ces deux organes.

Plusieurs expériences ont été faites dans la vue d'expliquer ce remarquable enchaînement.

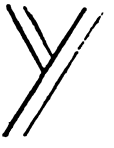
1° Comme les racines des nerfs optiques des deux côtés se croisent par la partie interne de leurs fibres, qui va se rendre à l'œil opposé, tandis que l'externe

(1) *Cons.* sur le strabisme : Mueller, *Physiologie des Gesichtssinnes.* Leipzick, 1826, p. 216. — Fischer, *Theorie des Schielens.* Ingolstadt, 1781. — Melchior, *De strabismo.* Copenhague, 1839. — Ruete, *Neue Untersuchungen und Erfahrungen ueber das Schielen und seine Heilung* Gœttingue, 1841. — Ch. Phillips, *De la Ténotomie sous-cutanée.* Paris, 1841, p. 206. — J.-F. Dieffenbach, *Ueber das Schielen, und die Heilung desselben*, Berlin, 1842. — Velpeau, *Du strabisme.* (Annales de la chirurgie française, Paris, 1842, t. IV et V).

ırche vers celui qui lui correspond, que par conséquent le côté gauche des deux
ux reçoit des filets d'une même racine, et qu'au contraire leur côté droit en
oit de deux racines différentes, l'idée devait se présenter d'attribuer la vue
nple à la distribution des racines des nerfs optiques dans les deux yeux : c'est la
orie de Newton et de Wollaston. Wollaston expliquait par là un phénomène
'il n'est pas très rare d'observer, celui de l'hémiopie, dans laquelle tout un côté
champ visuel des deux yeux, jusqu'au centre de ceux-ci, demeure inactif;
croyait devoir l'attribuer à l'inaction de la portion cérébrale d'un nerf
tique (1).

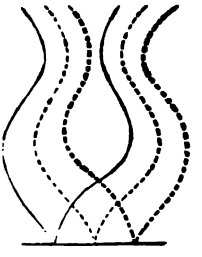
2° Cette théorie est insuffisante. Pour qu'elle expliquât complétement les phé-
mènes, il faudrait que chaque fibre d'une racine de nerf optique se partageât,
ns le chiasma, en deux branches pour les points identiques des
ux yeux, comme dans la figure ci-contre. Une théorie fondée sur
rapport des fibres est seule capable de satisfaire; mais plusieurs
riétés sont possibles à cet égard. Newton avait peut-être eu aussi
e idée vague de la division dichotomique de chaque fibre. Tre-
ranus et Volkmann n'en ont aperçu aucune trace dans le chiasma,
je n'ai pas été plus heureux non plus. Il faudrait aussi, pour que la
éorie fût juste, que la racine du nerf optique fût de moitié plus grêle que la
rtion oculaire du nerf. Ainsi nous sommes obligés de nous en tenir au simple
it, anciennement connu, que la racine d'un côté se divise en deux parties dans
chiasma, que la partie interne se croise avec celle du côté
posé, et que l'externe continue sa marche du même côté (2).
'est dans le cheval que j'ai le mieux aperçu cette disposition.

Fig. 150.



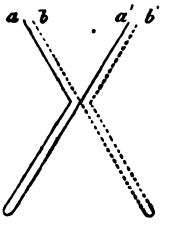
3° Une autre théorie est celle de Rohault (3). Ce physicien
ppose que chaque nerf optique contient exactement autant
: fibres que l'autre, et que les fibres correspondantes des
ux nerfs sont unies dans le même point du *sensorium*.
ette théorie (fig. 151) n'a aucun égard au croisement partiel
s fibres dans le chiasma.

Fig. 151.



4° Une quatrième théorie offre une modification ou une
nélioration des deux précédentes, et fait entrer la structure du chiasma en ligne
: compte. Les fibres *a* et *a'* (fig. 152), venant de points
entiques des deux yeux, deviennent, dans le chiasma,
rtie intégrante de la racine du nerf optique d'un côté, et
mmuniquent ensemble par une anse dans le cerveau, ou
issent du même point du *sensorium*, du même corpuscule
nglionnaire de l'encéphale. Il en est de même pour les
res identiques *b* et *b'*. L'image des deux moitiés gauches
s yeux se représenterait dans la moitié gauche du cerveau,
celle des deux moitiés droites des yeux dans la moitié droite
e l'organe cérébral.

Fig. 152.



(1) *Annales de chimie*, 1824, septembre. — *Voy.* VATER, dans HALLER, *Diss. med. rart.*, t. I.

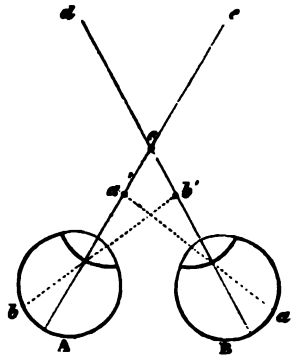
(2) *Cons.* les figures que j'ai données du chiasma dans mon ouvrage *Zur vergleichenden hysiologie des Gesichtssinnes*. Leipzick, 1826.

(3) *Physique*, P. I, cap. 31.

5° Enfin on peut encore admettre une commissure transversale, sur la ligne médiane du cerveau, entre les fibres identiques des yeux.

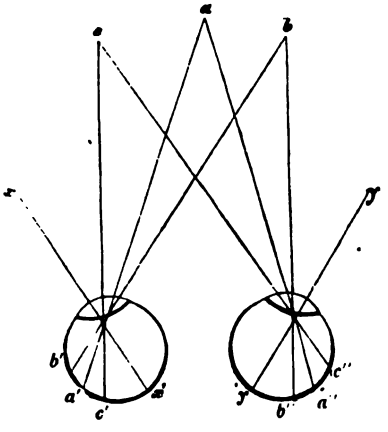
Porterfield (1) prétend que la véritable cause qui fait qu'on ne voit pas les objets doubles avec les deux yeux dépend uniquement de la faculté que nous avons, suivant lui, de voir les objets à l'endroit où ils sont. Mais cette hypothèse n'a pas de sens juste, et il est facile aussi de la renverser par l'expérience. Car, si A (fig. 153) voit l'objet *c* simple dans son axe, et si l'œil B en fait autant, parce qu'ils aperçoivent cet objet là où il se trouve placé, les deux yeux doivent aussi voir les objets *a'* et *b'* séparés, puisqu'ils les voient là où ils sont; mais, quand ces objets sont situés dans les axes, ils apparaissent simples, et non séparés, au même endroit que *c*, parce que leur image tombe, dans les deux yeux, sur le point médian de la rétine. A la vérité, il se produit bien une double image de *a'* dans l'œil B, au point *a*, et une de *b'* dans l'œil A, au point *b*; mais les images des points *a'* et *b'*, qui tombent sur le milieu de la rétine des deux yeux, ne sont pas vues où ils sont; on les aperçoit réunis en un seul lieu. On ne peut pas dire non plus de *c* qu'il est vu simple, parce qu'on le voit là où il est. Voir une chose où elle est signifie seulement la voir dans la direction qu'elle a par rapport à l'œil; or *c* est vu dans la direction *c e* par l'œil A, et dans la direction *c d* par l'œil B; donc, d'après cette théorie, on devrait l'apercevoir double, tandis que, par les motifs précédemment déduits, il est vu simple.

Fig. 153.



La cause pour laquelle nous voyons simple sur les points identiques des rétines doit donc être organique. Plusieurs théories sont en état d'expliquer le phénomène par une structure organique supposée; mais, parmi ces suppositions, il n'en est aucune dont on puisse démontrer la réalité, et il s'en trouve même à l'égard desquelles on peut prouver qu'elles manquent de tout fondement. Or, il est facile, d'après cela, de voir quelle direction on doit donner à l'explication.

Fig. 154.

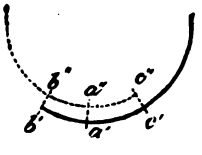


Chez les mammifères, le rapport des parties identiques et des parties différentes des deux rétines ne saurait être le même que chez l'homme, puisque les yeux de ces animaux sont, la plupart du temps, divergents, et que leurs axes ne se réunissent jamais sur un même point d'un objet (fig. 154). Quand les mammifères contemplent un objet situé devant eux, dans la direction de l'axe de leur corps,

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 293.

'image tombe sur la partie externe de chaque œil. Par exemple, l'image de *a* tombe n *a'* et en *a''* ; ces points doivent donc être identiques. En effet, un chien meut es yeux, comme nous le faisons, suivant qu'un objet placé devant lui, dans l'axe le son corps, est proche ou lointain. Mais les axes visuels de cet animal ne sont as, comme chez nous, identiques avec les axes oculaires ; ils ne sont pas les lignes $x x'$ et $y y'$, mais les lignes $a a'$ et $a a''$. Pour que le chien voie clairement des bjets situés devant lui et apercevables par ses deux yeux, et que des images doules ne se produisent pas, il faut que *b'* dans un œil et *b''* dans l'autre soient galement identiques, car c'est sur ces points que tombe l'image de *b*. Toutes les arties de l'un des yeux qui ne reçoivent que la lumière d'objets latéraux ne sauraient au contraire avoir des points identiques correspondants dans l'autre œil, car autrement un objet placé à droite et un autre situé à gauche seraient vus au même endroit subjectif. Donc tout porte à croire que dans les yeux des animaux il y a des points en partie identiques et en partie différents, sans points correspondants dans l'autre œil. Vient-on à supposer seulement les points des deux champs visuels de l'animal qui voient le même objet, la figure précédente donne celle qui est placée ci-contre.

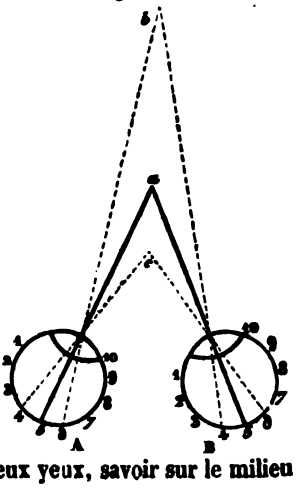
Fig. 155.



B. Vue double avec deux yeux (1).

Toutes les fois qu'un objet ne se trouve pas placé dans l'horoptre, son image tombe sur des points différents des deux yeux, et par conséquent il est vu double. La distance entre les deux images est toujours déterminée ; 6 étant le lieu de l'image dans un œil, 4 celui de l'image dans l'autre œil, et 6 du premier œil étant identique avec 6 du second, la distance des deux images est constamment celle de 4 et 6, c'est-à-dire que son rapport au champ visuel entier est le même que celui de la distance entre 4 et 6 au diamètre entier du plan d'une rétine. Les expériences les plus simples pour observer les images doubles sont celles-ci. On tient deux doigts des mains alignés devant les yeux, le premier tout proche de ces organes, et l'autre à un certain éloignement. Si l'on regarde le premier, en dirigeant sur lui les axes des yeux, le second paraît double ; si l'on regarde le second, c'est le premier qu'on voit double. Plus la distance entre les deux doigts est considérable, plus celle entre les deux images devient grande ; plus les deux doigts sont rapprochés, plus les deux images du doigt qui paraît double sont voisines, jusqu'à ce qu'elles se confondent ensemble lorsque les deux doigts entrent dans le même horoptre.

Fig. 156.



Dans la figure 156, les axes des yeux sont dirigés vers le point *a*. Derrière *a* se trouve un objet *b*. *a* projette son image sur des parties identiques des deux yeux, savoir sur le milieu

(1) Mcellen, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 167.

des deux rétines, en 5; le point est donc vu simple. *b* projette la sienne dans l'œil gauche en 6, et dans l'œil droit en 4; or, 4 d'un œil et 6 de l'autre œil sont différents, car 4 est identique avec 4 de l'autre œil; donc *b* est vu double, et la distance des images doubles par rapport au champ visuel entier est comme celle de 4 et de 6 à la distance de 1—10.

Si l'on suppose les surfaces des deux rétines placées l'une sur l'autre, comme dans la figure 157, ce qui vient d'être dit semble plus clair encore. Soit A la rétine de l'œil gauche de la figure précédente, et B celle de l'œil droit, 4 est la situation de la double image dans l'œil droit, et 6 sa situation dans l'œil gauche. Comme les deux champs superposés dans la figure sont un et le même dans la nature, on peut aussi la convertir en la figure 158, en faisant remarquer que la double image 6 appartient à l'œil gauche, et la double image 4, à l'œil droit.

Fig. 157.

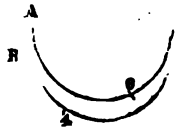
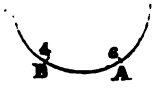


Fig. 158.



Si les axes visuels se croisent au-devant de l'objet *c*, en *a*, on voit aussi *c* double. Car *c* projette sa lumière, dans l'œil gauche, sur 4, et dans l'œil droit, sur 6. 4 n'est point identique avec 6; mais 4 l'est avec 4, et 6 avec 6. La distance des deux images doubles est 4-5 dans l'œil gauche, et 5-6 dans l'œil droit, ou, en considérant les deux yeux comme un seul, elle est de 4-6, c'est-à-dire que le rapport de la distance 4-6 à la distance 1-10 est comme la distance des doubles images de *c* au champ visuel entier.

Quant à ce qui concerne la situation des doubles images par rapport aux yeux auxquels elles appartiennent, lorsque les axes optiques se croisent entre l'objet et l'œil, la double image gauche appartient à l'œil gauche, et la droite à l'œil droit. Si, au contraire, les axes optiques se croisent au-devant de l'objet, la double image de l'œil droit se trouve au côté gauche opposé, et celle de l'œil gauche au côté droit, comme on peut aisément le reconnaître en fermant un des deux yeux.

Cette situation des doubles images est importante par rapport à la théorie. Au premier aperçu, la meilleure manière de concevoir la situation des images à l'égard des yeux dans lesquels elles existent, est de recourir à la théorie qui prétend que les objets sont vus dans la direction où ils se trouvent, et non d'après la situation des particules de la rétine. Ainsi, lorsque les axes des yeux se croisent au-devant de l'objet *a*, l'objet *b* paraît double, et la double image est située à gauche pour l'axe de l'œil gauche, à droite pour l'axe de l'œil droit, ce qui arrive réellement ainsi quand on fait l'expérience. Les phénomènes de la vue double pourraient donc être regardés comme une preuve du rétablissement ou de la correction de la vue renversée, soit par la direction de la vue au dehors, soit par le cours des fibres du nerf optique dans le cerveau. Cependant les phénomènes s'expliquent également au moyen de la théorie opposée, celle que les images ou particules de la rétine sont vues là où elles sont, et non là où se trouvent les objets.

Dans l'expérience rapportée précédemment, la double image gauche est vue au côté gauche de l'axe médian; son objet serait donc à droite, d'après les principes de l'optique. Dans la sensation visuelle de la rétine elle-même, il n'y a ni œil droit ni œil gauche, ces deux organes étant identiques; mais, en tant que la lu-

mière tombe de notre propre corps sur la rétine, et que par conséquent il y a aussi une image de notre corps sur cette membrane, il suit de là, d'après les principes de l'optique, que l'objet se trouve du côté opposé de l'image, par conséquent que la portion visible droite de notre corps est à gauche et la portion visible gauche à droite. Donc, le fait de l'expérience dans laquelle, quand les axes optiques se croisent derrière l'objet, la double image gauche disparaît dès qu'on ferme l'œil gauche, peut être exprimé de la manière suivante : lorsque nous fermons l'œil du côté gauche en apparence, ou droit en réalité, la double image gauche disparaît, et c'est ce que prouve la construction de la figure, car la double image de *b* dans l'œil droit B est située à gauche en 4.

Les expériences que j'ai décrites sur les doubles images sont susceptibles de variations à l'infini. Mais toutes ces variations dépendent de la même condition fondamentale, c'est-à-dire qu'elles tiennent à ce que les images, dans les deux yeux, ne tombent pas sur des parties identiques.

Que les axes des yeux soient dirigés sur le point *a* (fig. 159), tous les points placés dans l'axe *a b c* paraissent doubles ; car les images tombent, dans l'un des yeux, sur le milieu de la rétine en 5, et dans l'autre œil en 6, 7, 8, etc.

Fig. 159.

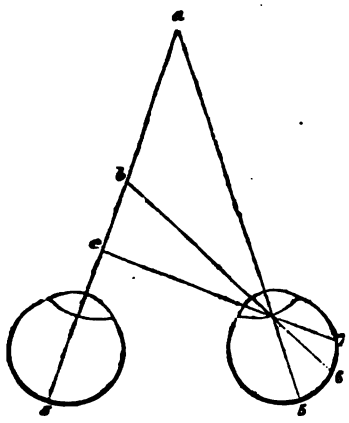
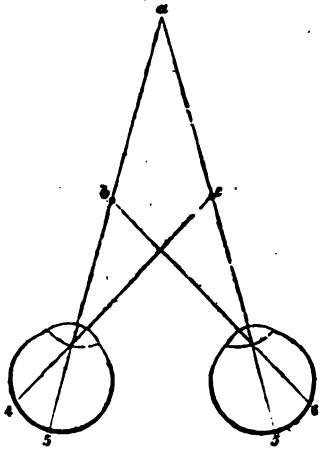


Fig. 160.



Que les deux axes des yeux soient dirigés sur *a* (fig. 160). Les points *b* et *c* représentent des épingles implantées dans la direction de ces axes. Au lieu de deux doubles images de *b*, et de deux doubles images de *c*, ou au lieu de quatre doubles images, on n'en verra que trois; *b* sera vu en 5 dans l'œil gauche, et *c* en 5 dans l'œil droit: 5 et 5 sont identiques; par conséquent les deux yeux voient ces deux images au même endroit. Mais *c* apparaît dans l'œil gauche en 4, et dans l'œil droit en 6; donc on aperçoit trois épingles, dans l'ordre et à la distance 4, 5, 6.

Les doubles images sont toujours confuses, ce qui résulte nécessairement des considérations précédentes; car elles sont, la plupart du temps, placées sur les parties latérales du champ visuel ; et, alors même qu'une image est vue dans l'axe,

elle ne l'est jamais avec l'état de réfraction convenable, puisque, comme on l'a dit, cet état change régulièrement suivant l'horoptre auquel il se rapporte.

Les phénomènes de la vue double dépendent si nécessairement de l'organisation des deux yeux, et sont unis d'une manière si intime aux causes de la vue simple, qu'ils doivent se représenter à chaque instant dans l'usage habituel que nous faisons de nos yeux. Mais nous n'y avons point égard d'ordinaire, parce que les doubles images sont confuses, et parce que, notre habitude étant de diriger les axes de nos yeux sur un objet, nous le voyons simple. Dans les cas néanmoins où nous voyons simultanément deux objets placés à d'inégales distances et qui ne se trouvent pas dans le même horoptre, il faut, de toute nécessité, que l'un ou l'autre nous apparaisse double. C'est ce qui arrive quand nous regardons une tour à travers une fenêtre : ou la croisée ou la tour nous paraît double, suivant que nous regardons ou la seconde ou la première. Toutes les fois qu'une cause interne change morbidement la fixation des yeux pour une distance déterminée de l'objet, ou la rencontre de l'horoptre, il doit survenir des images doubles, par exemple, dans l'ivresse, dans les fièvres nerveuses, dans les accès des maladies nerveuses, dans le strabisme, avant qu'on s'endorme. Cette double vue ne dépend point d'un changement dans les parties centrales du système nerveux, ou dans la rétine ; elle résulte tout simplement de la perte du pouvoir de regarder un objet. Au moment de nous endormir, nos yeux se tournent toujours fortement en dedans : aussi tous les objets, même ceux qui sont assez rapprochés, nous paraissent-ils doubles. On reconnaît la convergence plus grande des yeux en dedans à la situation des doubles images, dont la gauche appartient à l'œil gauche. Chez les personnes ivres aussi, les yeux sont tournés en dedans. Il faut bien distinguer la vue double avec deux yeux, de la vue double ou multiple avec un seul. La plupart des hommes voient plusieurs images dans la lune, même avec un seul œil ; ces images sont situées les unes sur les autres, et ne se couvrent qu'en partie ; chacune a ses bords particuliers. Chez moi, comme chez beaucoup de personnes, ce phénomène n'a lieu que quand les regards portent sur des objets extrêmement éloignés ; il est cependant quelques individus chez lesquels des objets même rapprochés y donnent lieu. Prevost l'avait remarqué sur lui-même. Steifensand en a fait le sujet d'intéressantes observations. Cet écrivain est myope ; lorsqu'il contemple une tache claire sur un fond blanc, et qu'il s'éloigne peu à peu, non seulement l'image du point clair devient confuse, mais encore elle se déploie, indépendamment de plusieurs images accessoires sans netteté, en deux images situées de côté, dont la distance augmente avec l'éloignement du corps ; à mesure que ces images s'écartent l'une de l'autre, elles deviennent confuses. De l'œil droit, l'image gauche est un peu plus élevée ; de l'œil gauche, c'est la droite. En tournant la tête à droite, l'image gauche s'abaisse, et la droite s'élève, quand l'œil gauche regarde ; l'inverse a lieu si l'œil droit agit. En tournant tout à fait la tête, les images tournent aussi autour d'un centre commun (1). Griffin rapporte également que, quand il a regardé pendant longtemps dans le télescope, l'œil qu'il tenait fermé voit ensuite triples les objets rapprochés de lui. Ces phénomènes se rattachent à la construction optique de l'œil ; ils tiennent vraisemblablement aux divers champs de fibres dont se compose chaque couche du cristallin.

(1) Dans le *Journal de chirurgie* de Græfe et Walther, 1835. — MUELLER'S *Archiv*, 1836.

C. Rivalité entre les champs visuels des deux yeux.

es phénomènes les plus intéressants de la vue avec les deux yeux consiste
ue des impressions de couleurs différentes faites sur des points identiques
deux organes ne se confondent point en une impression mixte, mais que
'elles prédomine dans une partie ou dans la totalité du champ visuel, et
tat de l'autre œil ne se manifeste qu'en d'autres points de ce champ. On
ion d'observer ce phénomène lorsque l'on contemple une feuille de papier
travers deux verres diversement colorés, par exemple un bleu et un jaune,
n tient immédiatement devant les yeux. Au lieu de voir le papier vert, on
en partie bleu et en partie jaune. Quelquefois le bleu ou le jaune prédo-
parfois aussi on aperçoit soit un nuage bleu ou des taches bleues sur un
ne, soit un nuage jaune ou des taches de même couleur sur un fond bleu.
t le bleu qui absorbe le jaune, et là le jaune qui absorbe le bleu. On conçoit
t difficile que les impressions diverses sur des points identiques des deux
ne se mêlent point ensemble, et je me suis convaincu aussi de cette diffi-
ans la superposition de deux doubles images diversement colorées produites
tion de loucher ; je regarde comme possible le mélange des deux impres-
ans ce dernier cas, que Huschke dit avoir observé ; mais je le crois difficile.
nn et Volkmann ont vu les phénomènes absolument de la même manière
si, quant au fond.
on continue longtemps les expériences avec des verres colorés, c'est-à-dire
regarde pendant un laps de temps fort long une feuille de papier blanc à
deux verres colorés tenus immédiatement devant les yeux, les deux im-
ns se confondent de plus en plus, ce à quoi elles n'ont pas d'abord la
re tendance ; mais, même alors, l'une des deux couleurs reprend de temps
ps la prédominance, ou se manifeste sous la forme de taches, comme l'a vu
er (1). Le mélange, au point de vue physiologique, ne présente aucun
; mais l'espèce de rivalité établie entre les deux champs visuels, et la
ssion partielle ou totale de l'une des couleurs par l'autre, en ont un très
Nous avons là, dans un phénomène facile à observer, la preuve la plus
te du mode d'action simultanée des deux yeux ; car, non seulement l'expé-
elle-même, mais encore d'autres faits nous autorisent à conclure que ces
s se comportent de la même manière dans le cas même d'impressions qui
t pas diversement colorées.
manifestation par taches de l'une des couleurs sur l'autre, la suppression
ntanée de l'une par l'autre, et la difficulté de leur mélange ensemble
ent :
)ue les deux yeux agissent simultanément dans certains moments, puisqu'on
s taches ou des nuages d'une couleur sur l'autre ;
)ue, par moments, l'impression faite sur l'un des yeux s'éteint totalement,
eu près, et que l'autre devient prédominante ;
Que, par moments aussi, les impressions des deux yeux se confondent
ible.

(1) MULLER's *Archiv*, 1836, p. 60.

Comme les états varient continuellement, les actions des deux yeux nous semblent des phénomènes résultant du trouble de l'équilibre, ainsi que les oscillations du fléau d'une balance. Le repos, ou l'équilibre des actions, a lieu très difficilement, quoiqu'il soit possible. Mais l'équilibre est troublé, en partie par des influences internes qui nous sont inconnues, en partie aussi probablement par l'attention qui se porte sur l'un ou l'autre œil. Au reste, les phénomènes de rivalité dont il s'agit ici sont très prononcés chez les personnes qui, comme moi, ont les deux yeux doués d'une faculté visuelle parfaitement égale. L'apparition, sous forme de tache ou de nuage, d'une couleur à la place de celle qu'elle efface, tandis que celle-ci prédomine sur d'autres points, annonce encore qu'il est possible que les diverses parties de la rétine n'agissent point également, et prouvent d'ailleurs combien il importe d'observer avec attention les états antérieurs de cette membrane.

Le trouble de l'équilibre dans l'activité simultanée des champs visuels se manifeste en d'autres occasions encore, qui sont assez fréquentes. Il arrive parfois qu'une des deux images, dans la vue double, disparaît tout à coup. Si les deux yeux n'ont pas la même portée, c'est tantôt l'une, tantôt l'autre, qui prédomine et qui détruit entièrement celle de l'autre œil. L'œil dominant est celui à la portée duquel se trouve un objet, vers lequel l'attention se dirige alors. Quelquefois l'image de l'œil qui ne voit plus que d'une manière indistincte flotte encore vaguement à côté de l'autre, mais elle échappe très facilement à l'attention. Il en est de même chez l'homme qui louche : l'œil qui louche a presque toujours une portée très différente de celle de l'œil sain; son image est confuse, tandis que celle de l'autre œil est nette, et l'attention la néglige. On conçoit la disparition complète de cette image d'après les phénomènes que présentent les verres colorés. C'est même là très souvent une occasion de loucher, car on n'emploie pas convenablement le mauvais œil dans la fixation des objets, et, à tous égards, il demeure hors d'usage.

On peut aussi, en regardant d'un seul œil à travers des verres grossissants, observer la faculté qu'a le *sensorium* de ne s'occuper que du champ visuel d'un œil. En effet, il arrive souvent que l'œil appliqué au microscope est le seul qui voie ou qui distingue; l'autre ne distingue rien, ou du moins son image n'est pas au même point que le champ microscopique de l'autre. Parfois aussi, cependant, il reprend son activité, et l'image qu'il perçoit, venant flotter pour ainsi dire sur l'image microscopique, trouble l'observation.

V. Phénomènes subjectifs de vision.

Si nous laissons de côté les phénomènes de l'action de la rétine dans lesquels la lumière extérieure joue un rôle, tels que ceux des images consécutives, de l'irradiation et de la vue double, il en reste encore beaucoup d'autres, purement subjectifs, qui nous fournissent des exemples d'action de la rétine provoquée par des causes totalement différentes de la lumière extérieure. C'est à Purkinje (1) surtout qu'on doit la connaissance de ces phénomènes, dont je vais indiquer les plus remarquables.

1) *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne.* Prague, 1823, 1825.

A. Figures produites par la pression.

Purkinje a donné ce nom aux phénomènes de lumière qui ont lieu lorsque l'on
mprime l'œil avec le doigt. Ces figures sont tantôt annulaires, tantôt rayonnées,
quelquefois divisées régulièrement en carrés, de sorte que Purkinje les com-
re à celles que les vibrations des corps sonores font naître. Lorsqu'on frotte avec
archet de violon un plateau couvert d'eau, le disque ne se divise pas seulement
points vibrants et points immobiles, mais encore l'eau se partage, sur les parties
es du verre, en figures rhomboïdales ou en ondes stationnaires. La figure qui
produit dans l'œil rappelle le croisement des ondes.

B. La figure arborisée dont il a été parlé plus haut paraît quelquefois lumineuse.

Purkinje l'a observée quelquefois à la suite de la compression, surtout le matin.
m'est arrivé souvent aussi de la voir lumineuse sur le champ visuel noir, lors-
n'après avoir gravi un escalier, je me trouvais tout à coup dans un espace obscur,
quand je plongeais subitement la tête dans l'eau. Le phénomène de lumière est
idemment produit par la pression que les vaisseaux remplis de sang exercent sur
rétine.

C. Apparition lumineuse du pouls.

Lorsque le sang se porte à la tête, on aperçoit souvent un changement isochrone
pouls dans la clarté du champ visuel, un sautillement pulsatif dans ce champ.
e phénomène est très facile à observer. J'ai vu parfois quelque chose d'analogue,
ais c'était un changement du champ visuel isochrone à la respiration et à ce
'on appelle le mouvement du cerveau, ou l'apparition rhythmique d'une petite
che brillante au milieu du champ visuel, dans l'obscurité; il n'y a pas possibilité
e produire ce dernier phénomène à volonté, et il ne s'est offert que rarement
moi.

D. Mouvement visible du sang.

On voit aussi, dans beaucoup d'occasions, une expression générale du mouve-
ent du sang. C'est ce qui arrive particulièrement lorsque l'on contemple des sur-
aces bien éclairées, sans l'être toutefois assez pour éblouir, par exemple, quand
n regarde le ciel, ou qu'on a tenu pendant longtemps ses regards attachés sur du
apier blanc ou sur de la neige, sans les en détourner. Le phénomène consiste en
ne scène de confusion, un entrecroisement, un sautillement de points, ou un
ouvement régulier, comme celui d'une vapeur. Il est tellement vague, qu'on ne
eut indiquer la direction du mouvement; mais il provient manifestement du
ouvement du sang.

Il faut également rapporter ici le phénomène bien plus prononcé qu'on aperçoit
quelquefois, dans le cas de congestion du sang vers la tête, ou de pléthore, lors-
u'après s'être baissé on se redresse brusquement : on voit une foule de petits corps
oirs et pourvus de queues, qui sautent et courent en toutes sortes de directions.
e fourmillement est un phénomène analogue dans les nerfs du sentiment.

E. Apparition de cercles lumineux dans le champ visuel obscur, quand on tourne brusquement les yeux de côté.

Ce phénomène a lieu toutes les fois qu'on tourne brusquement les yeux de côté, dans l'obscurité. L'affection doit avoir son siége dans des points non identiques des deux rétines (à l'entrée des nerfs optiques ?); car le phénomène n'apparaît pas au même endroit, et on le voit double.

F. Figures électriques dans l'œil.

Ces figures ont été étudiées par Ritter, Purkinje et Hjort. Lorsque l'œil se trouve compris dans un courant galvanique, que, par exemple, les deux pôles sont appliqués aux deux conjonctives, on aperçoit une sorte d'éclair toutes les fois qu'on ferme ou qu'on ouvre la chaîne. Le phénomène a lieu aussi quand l'œil n'est pas placé directement dans le courant, entre les deux pôles, par exemple, lorsque les pôles touchent la paupière inférieure et la membrane muqueuse buccale. Une simple paire de plaques de cuivre et de zinc suffit déjà pour le provoquer, dans un endroit obscur. Il a plus de vivacité quand on emploie une petite pile. Alors, d'après les expériences de Purkinje, on aperçoit au pôle zinc une sorte de vapeur jaunâtre, et au pôle cuivre une teinte de violet clair. En réunissant les conditions que Purkinje assigne, il se produit encore dans le champ visuel des phénomènes locaux particuliers correspondant à l'entrée du nerf optique et au point central de la rétine.

G. Apparition spontanée de lumière dans le champ visuel obscur.

Si l'on observe le champ visuel des yeux en tenant ceux-ci fermés, il arrive quelquefois, non seulement qu'on y aperçoit un certain degré d'éclairage; mais encore qu'on y découvre une lueur plus prononcée, affectant même, dans certains cas, la forme d'ondes circulaires, qui se développent du centre vers la périphérie, où elles disparaissent. Parfois la lueur ressemble à une nébulosité, à des taches, et il est rare qu'elle se reproduise chez moi avec un certain rhythme. A cette apparition spontanée de lumière dans l'œil, qui est toujours très vague, se rattachent les formes mieux dessinées qui se montrent au moment où l'on va céder au sommeil, et qui dépendent de ce qu'avec le concours de l'imagination des lueurs nébuleuses s'isolent les unes des autres, en revêtant des formes plus déterminées.

Un phénomène opposé à celui-là s'observe quelquefois chez les personnes nerveuses, quand il leur passe devant les yeux une espèce de nuage ou de fumée colorée, qui tient à la lassitude passagère de la rétine. Un individu bien portant peut le provoquer aussi en regardant pendant très longtemps un champ blanc ou coloré.

H. Flamboiement au-devant des yeux après l'usage des narcotiques.

C'est principalement la digitale qui détermine la manifestation de ce phénomène. Purkinje en a fait le sujet d'observations sur sa propre personne. Lorsque l'action est intense, il se produit aussi des formes déterminées.

I. Mouvements apparents des objets, après que le corps a tourné en rond.

Il a déjà été fait mention de ce phénomène. Quant à ces causes, que j'ai également indiquées, on doit bien le distinguer des mouvements apparents qu'on aperçoit lorsqu'on a précédemment observé des mouvements réels, car ceux-ci dépendent de l'extinction successive des images consécutives. Le mouvement apparent après l'action de tourner en rond a lieu aussi dans le cas où celle-ci a été exécutée les yeux fermés.

J. Absence de la faculté d'apercevoir les couleurs.

Il y a beaucoup de personnes qui, par une disposition innée de leur rétine, distinguent mal les couleurs. Les nombreuses observations du jeune Seebeck (1) sur ce phénomène ont fourni les résultats suivants. Outre les hommes qui ont de la peine à déterminer les couleurs, sans cependant regarder comme identiques celles qui diffèrent entre elles, il y en a d'autres qui confondent plus ou moins ensemble des couleurs totalement différentes. On remarque des nuances eu égard, non seulement au degré, mais encore au mode de la confusion. Pour ce dernier cas, les sujets examinés par Seebeck formaient deux classes, en négligeant les différences peu importantes.

Chez les individus de la première classe, il y avait des différences assez considérables relativement au degré où la confusion était portée; mais on en remarquait peu quant au mode de cette confusion. Les couleurs qu'ils confondent facilement ensemble sont l'orangé clair et le jaune pur; l'orangé foncé, le vert jaunâtre ou brunâtre et le brun jaune; le vert clair pur, le gris brun et la couleur de chair; le rose, le vert (plus bleuâtre que jaunâtre) et le gris; le cramoisi, le vert foncé, le brun châtain; le vert bleuâtre et le violet sale; le lilas et le gris bleu; le bleu de ciel, le gris bleu et le lilas gris. Ces personnes sont très peu sensibles à l'impression spécifique de toutes les couleurs en général : ce qu'elles sentent le moins, c'est le rouge et le vert complémentaire, couleurs qu'elles distinguent peu ou point du gris; vient ensuite le bleu, qu'elles ont assez de peine à distinguer du gris. C'est pour le jaune qu'elles ont pour la plupart le plus de sensibilité : cependant elles le distinguent beaucoup moins du blanc que ne le fait un œil réunissant toutes les conditions normales.

Quant aux sujets de la seconde classe, c'est le jaune qu'ils discernent le mieux. Ils distinguent le rouge un peu mieux et le bleu moins bien que ceux de la précédente; mais ils sont surtout moins aptes à établir la distinction entre le rouge et le bleu. Les couleurs qu'ils confondent ensemble sont : l'orangé clair, le jaune verdâtre, le jaune brunâtre et le jaune pur; l'orangé vif, le brun jaune et le vert herbacé; le rouge briqueté, le brun couleur de rouille et le vert-olive foncé; le rouge de cinabre et le brun foncé; le carmin foncé et le vert bleu noirâtre; la couleur de chair, le brun gris et le vert bleuâtre; le vert bleuâtre mat et le gris (un peu brunâtre); le rose sale (un peu jaunâtre) et le gris pur; le rose, le lilas, le bleu de ciel et le gris (tirant un peu sur le lilas); le cramoisi et le violet; le

(1) Poggendorff's *Annalen*, t. XLII, 1837, p. 177-234. — J. Butter dans *Edinb. phil. journal*, t. VI, 1822, p. 135, 141. — Szokalski, *Essai sur les sensations des couleurs*. Paris, 1841, p. 57.

violet foncé et le bleu foncé. Ce qui les différencie des sujets de la classe précédente, c'est qu'ils n'ont qu'une faculté sensitive plus faible pour les rayons les moins réfringents.

Il faut exclure des phénomènes subjectifs de vision les images d'objets qui se trouvent dans l'intérieur de l'œil même, et qui projettent une ombre sur la rétine. Telles sont les figures filiformes et contournées dans lesquelles semblent être contenues des séries de globules. Ces figures sont mobiles; leurs parties ne conservent pas la même situation les unes à l'égard des autres, et elles-mêmes changent de place dans le champ visuel. A l'aide d'un mouvement énergique de l'œil, on peut les transporter un peu de côté ou vers le haut, mais elles reparaissent bientôt, et, quand on les a fait monter, elles redescendent peu à peu. Chez certains individus, elles sont en grand nombre dans le champ visuel, quoiqu'on n'aperçoive bien nettement que celles qui en occupent la partie moyenne. Il leur arrive souvent, dans les observations microscopiques, de se placer au-devant de l'objet qu'on examine, et de contrarier jusqu'à un certain point les recherches : j'ai coutume de me débarrasser d'elles en portant l'œil de côté. Beaucoup de personnes ne les connaissent pas, tandis qu'elles deviennent pour d'autres un véritable sujet de tourment. Quelques écrivains les désignent sous le nom impropre de *mouches volantes*, et les confondent à tort avec certains phénomènes subjectifs de vision qui accompagnent la formation de la cataracte; car elles sont fort innocentes, et n'influent en rien sur la bonté de la vue. On ignore encore si elles tiennent ou non à des particules flottantes dans l'humeur aqueuse ou dans le corps vitré.

SECTION II.

DU SENS DE L'OUÏE.

CHAPITRE PREMIER.

Des conditions physiques de l'audition.

Une impulsion mécanique communiquée à l'organe acoustique produit la sensation du bruit dans le nerf auditif. Lorsque cette impulsion vient à se répéter avec vitesse et d'une manière régulière, elle donne lieu à un bruit déterminable, qu'on appelle son. L'élévation ou l'acuité du son croît en proportion du nombre des impulsions dans un temps donné. Les vibrations de corps élastiques sont la plus fréquente de toutes les causes du son. Pendant l'action d'une scie, de la roue de Savart, ou de la sirène de Cagniard-Latour, de simples chocs, qui, par eux-mêmes, produisent tout au plus la sensation du bruit, acquièrent par leur accumulation la valeur d'un son déterminé. Un corps élastique vibrant qui, en comptant ses excursions des deux côtés, ferait mille oscillations par seconde, donnerait dans le même laps de temps cinq cents impulsions à l'organe auditif par l'intermédiaire de

l'air ou du milieu conducteur du son. Ces impulsions correspondent parfaitement, quant au résultat, à cinq cents secousses d'un corps qui résonne par de simples chocs, et non par des oscillations semblables à celles du pendule.

Que les sons soient produits par des oscillations ou par des heurts, la propagation des oscillations ou des secousses à l'organe auditif s'effectue toujours d'après les lois du mouvement ondulatoire, qui s'appliquent également à la formation primordiale des sons engendrés par des oscillations. Il faut donc commencer par traiter du mouvement ondulatoire.

I. Mouvement ondulatoire en général (1).

Quand l'équilibre des molécules d'un corps vient à être dérangé par une cause extérieure, son rétablissement est précédé d'un mouvement de ces mêmes molécules, en vertu duquel elles se rapprochent et s'éloignent alternativement de leur situation primitive. Lorsqu'on pousse un pendule de côté, il marche jusqu'à ce que sa force motrice soit devenue $= 0$: alors il est tiré de haut en bas par sa pesanteur, et tombe avec une vitesse accélérée; mais, ne pouvant point par cela même demeurer en repos, il remonte du côté opposé, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. Les mouvements par lesquels les molécules d'un corps se rapprochent et s'éloignent alternativement de leur position d'équilibre, sont appelés *vibrations* ou *ondulations*. Les ondulations sont, ou des *ondes d'inflexion*, ou des *ondes de condensation*. Dans le premier cas, la surface du corps se couvre de protubérance ou de dépressions, sans que sa densité subisse aucun changement. Dans le second, l'onde consiste en une condensation sans changement de la surface ; à la dépression des ondes d'inflexion correspond ici une raréfaction. L'oscillation est ou *progressive*, quand elle s'avance successivement à la surface du corps, ou *stationnaire*, quand elle ne change pas de lieu et ne fait que s'écarter à droite et à gauche.

A. Ondes d'inflexion des liquides.

Les ondes d'inflexion des liquides sont des changements que l'équilibre éprouve à leur surface et jusqu'à une certaine profondeur. La pesanteur est la cause de ce mouvement ondulatoire. Les ondes d'inflexion de l'eau sont beaucoup trop lentes pour pouvoir devenir une cause de son : cependant il importe d'en connaître les lois, car c'est en elles qu'on observe le plus facilement les lois du mouvement.

1. *Ondulations progressives, ou ondes.*

Quand l'équilibre d'un liquide est troublé sur un point, il se forme autour de ce point une onde circulaire, avec protubérance et dépression circulaires, qui se propage en dehors, et à laquelle succèdent de nouvelles ondes. Plus le choc a été fort, plus les ondes sont élevées et plus leur vitesse est grande ; mais celle-ci dépend aussi de la profondeur du liquide. Lorsqu'on produit des ondes dans une gouttière profonde et à parois parallèles, au moyen d'un choc dirigé sur toute la largeur de la gouttière, ces ondes marchent en ligne droite, et non circulairement.

(1) *Cons.* E.-H. Weber et W. Weber, *Wellenlehre*. Leipzick, 1825.

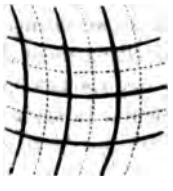
Du reste, le mouvement ondulatoire n'est point un mouvement progressif des particules de l'eau, car celles-ci restent en place pendant que les ondes passent par-dessus. Les molécules du liquide éprouvent seulement, à l'endroit où une onde passe sur elles, une rotation qui dépend de ce qu'à l'arrivée de l'onde, elles sont situées à sa partie inférieure, tandis que, durant la marche de cette onde, elles en gagnent successivement le sommet : l'onde continue cependant son cours, et les molécules d'eau descendent le long du versant postérieur jusque dans la dépression, d'où elles remontent à l'approche de l'onde suivante.

Toutes les fois que deux ondes, d'égale hauteur et provenant de lieux opposés, se rencontrent, elles se croisent sans se porter obstacle l'une à l'autre. La protubérance de l'une et celle de l'autre se confondent, et en forment une de hauteur double ; les deux dépressions font de même. Ici deux forces qui agissent en sens contraire sollicitent les molécules du liquide à des rotations en sens opposé. Ces sollicitations se détruisent mutuellement, et les molécules ne se meuvent que verticalement. Après le croisement, les ondes continuent de marcher chacune dans sa direction.

Si, à la rencontre de deux ondes, la protubérance de l'une coïncide avec la dépression de l'autre, elles se détruisent réciproquement, et le point demeure uni. Après le croisement, les ondes reprennent leur direction.

Lorsque les ondes parallèles se croisent avec d'autres ondes parallèles ayant une direction différente, mais non opposée, les divers cas qui viennent d'être passés en revue ont lieu à la fois sur des points différents. Supposons (fig. 161) que les lignes pleines représentent les protubérances des ondes, et les lignes ponctuées leurs dépressions, il arrive qu'aux points où les premières se croisent, des protubérances d'une hauteur double se forment ; qu'à ceux où les secondes se croisent, des dépressions d'une profondeur double ont lieu, et qu'à ceux où les lignes pleines se croisent avec les lignes ponctuées, la protubérance des unes et la dépression des autres se détruisent mutuellement, de sorte que ces endroits demeurent unis. C'est là l'interférence des ondes.

Fig. 161.



Les ondes sont réfléchies par les parois des corps solides. Leur réflexion a lieu sous le même angle que leur incidence, comme pour la lumière. Supposons une onde décomposée en une série de forces qui marchent côte à côte : chaque partie de cette onde est réfléchie par la paroi solide sous un angle égal à celui sous lequel elle le choque ; d'où résulte un système des parties réfléchies d'ondes formant ensemble une onde réfléchie, et qui ont ou la même direction que les ondes primordiales, ou une direction différente. Les ondes réfléchies et les ondes primordiales ont une même direction quand on excite des ondes en ligne droite dans une gouttière profonde, et que leur direction est perpendiculaire à la paroi réfléchissante, ou aussi lorsque des ondes circulaires partent d'un point, et choquent une paroi qui décrit elle-même un cercle autour de ce point : dans ce dernier cas, les ondes réfléchies reviennent vers le centre du cercle.

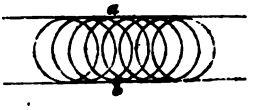
Une onde circulaire qui rencontre une paroi droite subit la même réflexion que si elle venait d'un point situé derrière cette paroi, à une distance égalant celle qui est comprise entre celle-ci et l'onde primitive.

Les ondes qui partent d'un des foyers d'une ellipse, à la périphérie de laquelle elles rencontrent une paroi, sont réfléchies de telle sorte qu'au retour leur centre coïncide avec l'autre foyer de l'ellipse, attendu que l'angle de réflexion est égal à celui d'incidence.

Par la même raison, celles qui partent circulairement du foyer d'une parabole, à la périphérie de laquelle elles rencontrent une paroi, reviennent sur elles-mêmes suivant une ligne droite parallèle à l'axe de la figure. De même, les ondes rectilignes qui suivent une direction parallèle à l'axe d'une parabole sont réfléchies par les parois de celle-ci, de telle sorte qu'à leur retour elles aient pour centre commun son foyer, où, en conséquence, elles se réunissent circulairement et concentriquement. Donc, quand les ondes circulaires, partant du foyer d'une parabole dont les parois les renvoient transversalement dans une direction parallèle à l'axe, viennent à rencontrer un second segment de parabole, elles éprouvent une nouvelle réflexion qui les fait coïncider avec le foyer de la seconde figure.

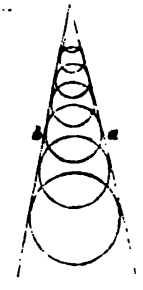
Vient-on à produire des ondes dans l'eau par un choc ayant lieu suivant la longueur d'une ligne, on peut se représenter chaque point de cette ligne comme un centre d'ondes circulaires dont le départ est simultané, et qui, par conséquent, conservent toujours la même dimension dans leur course ultérieure. De la superposition des cercles, il résulte parallèlement à la ligne d'où le choc est parti, une plus grande onde droite, antérieure et postérieure (a, b).

Fig. 162.



Un corps qui chemine dans l'eau donne lieu sans cesse à des ondes circulaires. Les plus récentes sont encore petites, tandis que les plus anciennes, derrière le corps, ont déjà d'autant plus d'étendue qu'elles sont nées plus tôt. Sur les côtés, où ces ondes se couvrent, elles en produisent de plus grandes, a, b, qui divergent en s'éloignant du corps d'où émane le choc.

Fig. 163.



Quand des ondes passent à travers une ouverture, elles ne conservent pas la forme qu'elles avaient dans cette dernière; leurs extrémités, en passant près des bords, s'infléchissent circulairement autour d'eux, de manière qu'après leur passage les ondes s'étendent, non pas seulement en avant, mais encore sur les côtés. C'est là ce qu'on appelle l'inflexion des ondes.

2. *Ondulations stationnaires.*

Supposons que $a\ b\ c\ d\ e$ (fig. A) représentent une onde excitée dans un liquide; $c\ d\ e$, la protubérance de l'onde; $a\ b\ c$, sa dépression; et e une paroi solide contre laquelle cette onde vient battre. Il y a un moment où l'onde s'est rapprochée de la paroi e d'une moitié de sa protubérance, ou d'un quart de sa longueur, et affecte la figure $a\ b\ c\ d$ (A I). Alors la première moitié de sa protubérance est déjà réfléchie, de sorte que la demi-protubérance appliquée à la paroi se compose d'une demi-onde progressive $c\ d$, et d'une demi-onde réfléchie $d'\ e'$, ce qui fait qu'elle est plus haute. Après un second moment, l'onde s'est avancée vers la paroi jusqu'à sa dépression, et toute sa protubérance est réfléchie. Dans A II, $a\ b\ c$ est la dé-

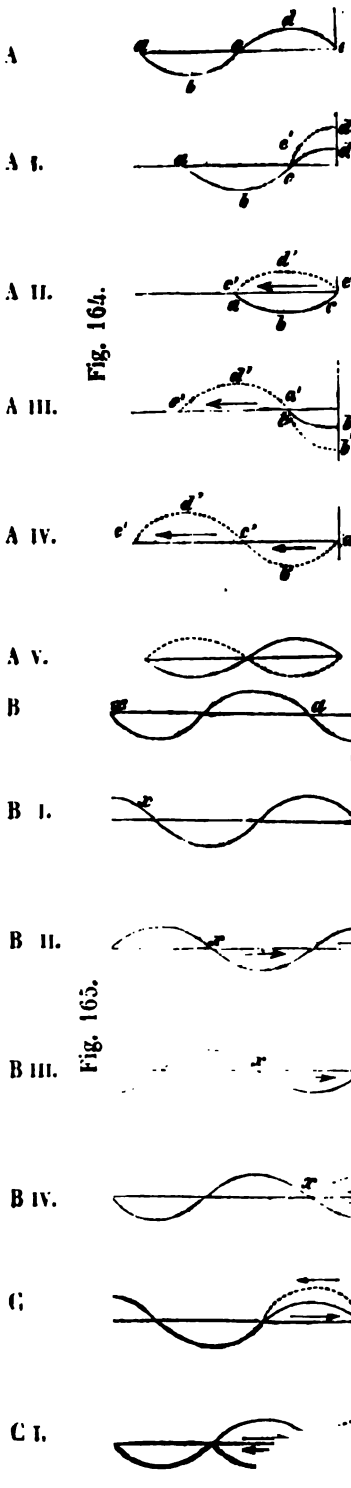


Fig. 164.

Fig. 165.

pression de l'onde, $c'\ d''\ e'$ sa protubérance réfléchie, et toutes deux s'effacent mutuellement, de sorte que l'endroit est uni pendant le second moment. Après un troisième moment, la dépression de l'onde s'est aussi avancée de moitié, et il n'en reste plus que la moitié ab. Dans A III, la première moitié de la dépression est déjà réfléchie, $b'\ c'$; mais la protubérance, qui avait été précédemment réfléchie, a rétrogradé de la moitié de sa longueur, $c'\ d''\ e'$. Après un quatrième moment, la seconde moitié de la dépression de l'onde primitive a achevé sa course, et elle est réfléchie, $a'\ b'\ c'$, tandis que la protubérance réfléchie avant elle s'est reculée de la seconde moitié de sa longueur. Ainsi (A IV), après ces quatre moments, la position de l'onde réfléchie, $a'\ b'\ c'\ d''\ e'$, est la même que celle de l'onde primitive avant le premier moment, mais inverse, de manière (A V) que là où était la protubérance de la première, se trouve la dépression de la seconde, et que la dépression de celle-là a été remplacée par la protubérance de celle-ci.

Si maintenant, derrière la première onde primordiale $a\ b\ c\ d\ e$, il s'en trouve une seconde $x\ a$, la situation sera, après le premier moment, comme dans la figure B I, après le second comme dans la figure B II, après le troisième comme dans la figure B III. Alors la protubérance de la seconde onde primordiale et celle de la première onde réfléchie se couvrent. D'où il suit que là se trouve une protubérance plus élevée. Après le quatrième moment, la protubérance de la seconde onde primordiale couvre la dépression de la première onde réfléchie, et réciproquement. A ce moment la surface sera unie (B IV). Pendant le moment suivant, les deux sortes d'ondes ont encore marché

du quart d'une onde entière en sens inverse, c'est-à-dire que les parties qui se couvraient auparavant se sont éloignées l'une de l'autre d'une demi-longueur d'onde; la position devient donc telle qu'elle est représentée en C, où les dépressions se couvrent, ainsi que les protubérances, d'où résultent et une protubérance plus haute et une dépression plus profonde. Dans le sixième moment (C 1), les protubérances recouvrent de nouveau les dépressions. Ces ondes, qui se répètent régulièrement, portent le nom d'ondes stationnaires. Ici les protubérances et les dépressions ne s'avancent point sur d'autres parties du liquide, et les changements verticaux demeurent à la même place. Ce sont des élévations et des dépressions verticales alternatives, suite de deux mouvements ondulatoires qui se croisent.

On produit des ondulations stationnaires dans une gouttière droite, en y excitant régulièrement des ondes qui se développent les unes à la suite des autres; après quoi, elles éprouvent une réflexion. On en détermine aussi, dans un vase circulaire, en excitant avec régularité des ondes au milieu. Les frères Weber en ont généralement observé dans les vases pleins de liquide et posés sur un tambour, ou sur une chaise de canne, lorsqu'ils frappaient en mesure la base élastique.

B. Ondes d'inflexion des corps solides.

Les ondes d'inflexion reconnaissent la pesanteur pour cause dans les liquides; celles des corps solides dépendent du trouble et du rétablissement de la cohésion et de l'élasticité. Elles sont beaucoup plus rapides que celles de l'eau, et, dans des corps élastiques, elles deviennent cause de sons.

Une corde tendue qu'on frappe, non dans le milieu, mais près d'une de ses extrémités, éprouve sur ce point une dilatation qui, à l'instar d'une onde, se communique à la corde entière, marche d'une extrémité à l'autre, revient sur elle-même quand elle est arrivée au bout, et en un mot se comporte comme on le voit dans le mouvement ondulatoire des liquides.

Si l'on répète plusieurs fois de suite le choc de la corde, des ondes régulières se succèdent, comme sur l'eau, et, ces ondes étant réfléchies à l'autre bout de la corde, il s'ensuit que le croisement d'ondulations opposées donne lieu à des ondes stationnaires, comme dans le cas dont il a été parlé plus haut. C'est ainsi que de vibrations progressives il résulte des vibrations stationnaires. Les points de repos entre les ondes portent le nom de nœuds.

La plus simple vibration stationnaire d'une corde n'est cependant pas celle qui procède de vibrations progressives, mais celle qui a lieu quand la corde vibre entre ses points d'attache, ou la vibration transversale. En pareil cas, les points d'attache sont les nœuds. Le moyen le plus facile de faire naître ces sortes de vibrations est de pincer ou de frotter une corde. La vibration transversale de corps rigides non tendus, par exemple de verges métalliques fixées à l'un des bouts, est également une vibration stationnaire.

C. Ondes de condensation des liquides, des gaz et des corps rigides.

Dans les ondes d'inflexion de l'eau, il n'y a ni condensation ni raréfaction; ces deux phénomènes n'accompagnent pas non plus nécessairement celles d'une corde.

Si la corde n'est point extensible, ou n'est point élastique, les ondes d'inflexion peuvent être produites par une simple torsion des molécules et par leur tendance à se redresser. A la vérité, les ondes d'inflexion des cordes sont la plupart du temps accompagnées aussi de condensation et de raréfaction. Ce qu'il y a de particulier dans les ondes d'inflexion, c'est qu'un grand nombre de molécules reçoivent simultanément un mouvement si fort, dans une direction perpendiculaire à la surface du corps, que cette surface éprouve un changement visible. Les ondes de condensation, au contraire, se produisent, dans tous les corps, quand le choc ne meut que les plus petites molécules, successivement et l'une par l'autre : aussi les nomme-t-on encore ondes du choc progressif. Le choc que les particules mises en mouvement communiquent aux suivantes donne nécessairement lieu à une condensation qui, à son tour, détermine une raréfaction derrière elle. Le mouvement propagé de molécule à molécule est d'ailleurs si petit, qu'aucun changement ne devient visible à la surface des corps. C'est ainsi que le choc parcourt toute une série de billes, sans que celles-ci changent de place.

La direction du mouvement des molécules que produit le choc condensateur peut, dans une verge ou dans une corde, différer de celle suivant laquelle l'onde de condensation marche. Si, par exemple, la verge ou la corde *a* ——— *b* vient à être frappée, dans le voisinage de *a*, perpendiculairement à sa longueur, les particules mises en mouvement poussent les particules voisines dans la même direction, c'est-à-dire perpendiculairement vers *a b*, et celles-ci font de même pour les suivantes, jusqu'à ce qu'en dernier lieu *b* se meuve : donc, toutes les particules comprises entre *a* et *b* sont successivement mues ou mises en état de condensation dans une direction perpendiculaire à *a b* ; en d'autres termes, une onde court depuis *a* jusqu'à *b*, pendant que le mouvement des molécules par le choc est tout différent, c'est-à-dire perpendiculaire à *a b*. Si le choc a été donné au milieu de la verge, l'onde marche en deux sens, vers *a* et vers *b*. De semblables ondes naissent aussi dans une plaque, comme l'a montré Savart.

La propagation du choc dans des corps affectant les trois dimensions, par exemple dans des rochers, dans de l'eau, dans des masses d'air, a lieu de tous les côtés. Celle du son, dans tous les corps, s'opère par propagation du choc ou des ondes de condensation.

Les ondes qui sont excitées dans l'air consistent en condensations et raréfactions progressives. Le point condensé est la protubérance de l'onde, et le point raréfié en est la dépression. Une onde d'air qui marche dans un tuyau revient sur elle-même quand ce tuyau est fermé à l'extrémité, et conserve ses propriétés au retour. Elle revient également d'une manière incomplète dans un tube ouvert ; mais l'expérience enseigne qu'elle acquiert alors des propriétés inverses, qu'elle devient raréfiante quand elle était condensante, et *vice versa*. En plein air, les ondes sont sphériques.

II. Ondes stationnaires et progressives des corps résonnants.

Les corps résonnants produisent, quand ils vibrent, ou des ondes d'inflexion ou des ondes de condensation. Les unes ou les autres, ou toutes deux à la fois, s'observent dans les cordes et les corps solides qui résonnent. Les masses d'air réson-

'ont que des ondes de condensation. Les ondes des corps résonnants sont
ationnaires, tantôt progressives.

n'on soulève une corde dans son milieu, et qu'ensuite on l'abandonne à
ne, on ne remarque pas d'ondes progressives, ou elles ne sont point très
es. Mais la corde vibre de droite et de gauche dans toute l'étendue de
n'on lui a donné; elle vibre de toute sa longueur dans une direction trans-
comme le fait un pendule. Arrivée au terme de son excursion, elle cherche
nir rectiligne, en vertu de son élasticité; mais la vitesse dont elle est ani-
ejette au delà de la ligne droite, du côté opposé, et ainsi de suite jusqu'au
du repos. C'est là une vibration stationnaire.

ause de ses oscillations, ou le nombre de chocs qu'elle communique à l'air,
raison inverse de sa longueur et en raison directe des carrés des forces qui
nt, c'est-à-dire qu'une corde qui fait cent vibrations par seconde, en fait
its lorsqu'on réduit sa longueur de moitié, sans modifier la tension, et que
ngueur demeurant la même, elle donne cent vibrations par seconde avec
ion d'une once, elle en donnera deux cents avec une tension de quatre
t quatre cents avec une tension de seize onces.

erges aussi sont susceptibles de vibrations transversales stationnaires. Ici le
des vibrations est en raison directe de l'épaisseur des verges et inverse des
e leur longueur.

certaines circonstances, une progression longitudinale de la crête de l'onde
mpagnée d'une vibration transversale stationnaire de la corde, sans que
a le nombre des vibrations devienne autre qu'il n'est dans la simple vibra-
nsversale. Par exemple, qu'on pince la corde au voisinage de son point
e, elle ne fait pas seulement des vibrations transversales, comme lorsqu'on
dans le milieu de sa longueur, c'est-à-dire des vibrations transversales à
r d'onde égalant la longueur de la corde, mais la crête de l'onde court alter-
ent d'une extrémité à l'autre, attendu que, chaque fois qu'elle rencontre
ts d'attache, elle revient vers le côté opposé de la corde. Le nombre des
ns d'une corde qui vibre ainsi est absolument le même que quand cette corde
ec une situation constante de la crête de l'onde dans son milieu, et, comme
on du son dépend du nombre des vibrations dans un temps donné, elle est
e dans les deux cas; mais le timbre diffère un peu. Cette circonstance est
nte pour la théorie du timbre.

produit aussi des ondes stationnaires lorsque, soutenant doucement la corde
sous, ou appuyant légèrement le doigt dessus, on donne lieu à un nœud,
nsuite on frotte la portion isolée. Par exemple, qu'on touche la corde dans
u, puis qu'on passe un archet de violon sur l'une de ses moitiés, non seu-
cette moitié éprouve des vibrations transversales, mais encore l'autre en
ns une direction opposée. Alors le nombre des vibrations est double de celui
rations de la corde entière, et le son produit est l'octave du son fonda-

Si l'attouchement ou l'appui a lieu entre le premier et le second tiers, il se
ussi de soi-même un nœud entre le second et le troisième tiers, et le nombre
ations est triple de celui de la corde entière. On peut de même, en isolant
t, un cinquième, etc., déterminer une division régulière de la corde entière
ts, en cinquièmes, par des nœuds qui s'établissent d'eux-mêmes. Des c

vrons de papier placés sur les nœuds ne sautent point pendant la vibration. Les sons ainsi produits sont appelés sons de flageolet.

Des plaques qu'on fait vibrer au moyen de l'archet se partagent régulièrement en quatre, six, huit, parties aliquotes, vibrant en des directions opposées, et entre lesquelles se trouvent les lignes nodales de repos, qui ne rejettent point le sable étalé à leur surface. Il suffit de toucher le bord de la plaque sur un point pour faire naître une ligne nodale, qui devient déterminante pour la séparation des autres. La seconde détermination part du point sur lequel passe l'archet. Ce point appartient aux parties mues, et agit d'une manière déterminante sur la formation des segments mis en mouvement. C'est là-dessus que reposent les figures de Chladni.

Les vibrations, tant stationnaires que progressives des corps élastiques, peuvent produire des sons dans notre organe auditif, quand elles se répètent régulièrement; car les vibrations stationnaires deviennent aussi des ondes progressives lorsqu'elles sont communiquées aux corps conducteurs du son, puisque toute vibration excite une onde progressive dans l'air, dans l'eau, ou dans les corps solides conducteurs du son.

Des corps solides peuvent, tout aussi bien que l'air contenu dans des tuyaux, résonner par des ondes de condensation progressives. Les verges donnent des ondes de condensation longitudinales, quand on les frotte dans le sens de leur longueur.

Une corde peut aussi produire des sons sans vibrations transversales, par de simples ondes de condensation progressives. La durée de l'allée et de la venue des condensations et des raréfactions qui détermine le nombre des ondes excitées dans l'air dépend naturellement de la longueur et de la tension des cordes. Mais, sans des chocs continuellement répétés, ces ondes ne conservent pas la force et la durée requises, tandis que les vibrations transversales des cordes durent plus longtemps. Le frottement produit ces chocs continuellement répétés. Cependant il est une modification des chocs au moyen de laquelle on exerce aussi de l'influence sur la rapidité de la succession des ondes longitudinales. Tel est le cas des vibrations longitudinales des cordes, que Chladni excitait par le frottement dans le sens de la longueur. Les sons de harpe éolienne des cordes paraissent aussi se ranger ici. Pellisov (1) prétend qu'il n'y a point de vibration transversale commensurable dans les sons de harpe éolienne produits au milieu de l'air. Suivant la force du vent, il se produit des sons harmoniques différents, sans qu'on aperçoive de nœuds. Pellisov a de plus indiqué un moyen de faire rendre des sons fort différents à une corde de violon, dont la tension demeure la même, en modifiant la manière dont on la frotte. Ce moyen consiste à poser l'archet tout près du chevalet d'une corde de violon longue de deux pieds, épaisse d'un tiers de ligne, et montée en sol_3, et à la frotter aussi légèrement que possible, d'une manière toujours égale. Le son se règle alors tout à fait d'après la force et la rapidité du frottement, et l'on peut produire avec facilité, non seulement tous les sons que la corde donne d'ailleurs au moyen du vent, ou tous les sons de la harpe éolienne, sol_3, $ré_3$, sol_2, si_3, $ré_4$, fa_4, sol_4, la_4, mais encore la plupart de ceux qui sont intermédiaires, et d'autres

(1) Poggendorff's *Annalen*, t. XIX, p. 237.

s élevés. Dans cette circonstance, suivant Pellisov, les vibrations de la molécule e l'archet touche immédiatement courent à l'extrémité opposée, et y sont réflé-ies. En tenant l'archet d'une manière particulière, il a produit, sur des cordes, s sons plus graves que leurs sons fondamentaux, et qui par conséquent ne dé-ndaient pas de vibrations transversales.

Pellisov va plus loin encore : il prétend que, même dans les vibrations trans-rsales de la corde, le son n'est pas produit par celles-ci, mais par les allées et nues des ondes de condensation et de raréfaction, qu'il nomme aussi vibrations léculaires. D'après la manière de voir ordinaire, ces petites ondes d'un corps stique, qui partent du point où le choc a lieu, et qui se communiquent à la alité du corps en vertu de l'élasticité, n'entrent en ligne de compte qu'en tant elles produisent pour résultat la vibration du corps entier entre ses extrémités entre ses nœuds de vibration. Pellisov pense, au contraire, que le son dépend de apidité avec laquelle vibrent les plus petites parties de la corde, de la colonne ir, de la verge, de la plaque, etc. Les vibrations de la corde, de la colonne d'air, la plaque entière, ou de leurs grandes divisions n'ont d'importance ici qu'en ce elles agissent comme cause déterminante par rapport à la rapidité de la vibration léculaire. D'après cela, il ne se produirait point de son si une corde vibrait nsversalement, sans que ses molécules fissent chacune des vibrations, c'est-à-e sans les ondes condensantes progressives, qui vont et viennent entre les nds.

Quoiqu'on ne puisse pas regarder comme prouvée l'hypothèse de l'impuissance vibrations transversales des cordes à produire des sons, cependant la simulta-té de ces vibrations et des ondes condensantes progressives, allant et venant s un corps résonnant, fait très bien concevoir la manifestation de certains sons. lépendamment du son fondamental, une corde en donne aisément un autre er et harmonique avec celui-là, l'octave de la quinte, ou la double octave de ierce. On connaît aussi les sons harmoniques que fait entendre une cloche.

Dans l'air des sifflets il n'y a point de vibrations transversales, mais seulement ; ondes condensantes progressives et récurrentes. Bien que continu, le souffle ermine un effet intermittent. Le nombre des ondes dans un temps donné, ou, qui revient au même, leur épaisseur, dépend de la longueur de la colonne d'air ntenue dans le tuyau.

Lorsqu'on souffle modérément dans les sifflets couverts, on fait naître leur son damental, pendant la durée duquel le nœud de vibration se trouve à l'extrémité la colonne d'air. Dans le sifflet ouvert, le nœud de vibration est placé au milieu, le son plus élevé d'une octave. En soufflant plus fort, on produit encore d'autres ïsions de la colonne d'air, et par conséquent des sons plus aigus.

Du reste, quant à ce qui regarde les lois auxquelles sont assujettis les instru-ents de musique, je dois renvoyer au chapitre de la voix, où la théorie de ces struments a été exposée.

Il me reste encore à expliquer la différence qui existe entre son, bruit et timbre. Toute impression produite sur l'organe auditif par une onde qui lui est com-uniquée, ou par plusieurs ondes, est un son. Un seul ébranlement donne lieu à n son simple, qu'on appelle explosion lorsqu'il est fort. La force du son dépend e l'amplitude de la vibration des molécules. Sa qualité peut varier beaucoup. [1]

bois, le carton, les métaux ont des qualités de son différentes. Ces qualités paraissent dépendre, en partie de la forme de l'onde, en partie de l'isochronisme d'ondes animées d'une vitesse diverse. Un corps, quand il n'a pas la même élasticité dans tous les sens, peut aussi, lorsqu'on l'ébranle, produire, en différents endroits, des ondes de longueur différente, qui se transmettent, à un plus ou moins long intervalle l'une de l'autre, du corps résonnant au corps conducteur du son, et qui communiquent à ce dernier une onde composée, de forme particulière. Cette onde composée, ou la somme d'ondes, arrive à l'organe auditif dans le même ordre et dans la même forme qu'elle avait en traversant le milieu conducteur, puisque toutes les vibrations sont propagées avec une égale vitesse par un corps conducteur du son. Ce qui contribue encore à la qualité du son, c'est qu'un corps peut accomplir en même temps une vibration transversale et une vibration longitudinale. Une corde pincée près de son extrémité, et abandonnée à elle-même, exécute des vibrations transversales dans toute sa longueur, tandis qu'en même temps la crête de l'onde court alternativement d'un bout à l'autre, en revenant chaque fois de l'autre côté de la corde. De là vient que la qualité du son d'une même corde varie un peu, à égalité de longueur et de tension, suivant le point où l'on pince cette corde. Enfin Pellisov et Eisenlohr pensent que la forme de l'onde est modifiée aussi par la densité du corps résonnant. Dans un corps dense, l'excursion de la vibration est moindre que dans un corps qui a moins de densité. Les molécules d'air qui le touchent sont repoussées par lui d'une manière plus isochrone, et l'espace raréfié qu'il laisse en se contractant est plus étroit. Enfin, lorsque la densité du corps résonnant n'est point uniforme, la condensation communiquée à l'air, et la raréfaction qui y succède, ne doivent pas l'être non plus.

Quand plusieurs ondes se succèdent l'une à l'autre, il se produit un son plus ou moins soutenu, qui est tantôt un bruit, et tantôt un son proprement dit ou appréciable. Une succession de sons égaux ou inégaux dans des temps inégaux donne lieu au bruit (cliquetis, grattement, bourdonnement, etc.). Une succession de sons simples ou de bruits dans des temps égaux n'est point perçue comme son proprement dit, tant qu'on distingue encore chacun des ébranlements ; il ne résulte de là qu'un bruissement. Dès qu'on ne peut plus distinguer les ébranlements, il y a son proprement dit, dont l'élévation ou l'acuité varie suivant la vitesse avec laquelle se succèdent les ébranlements : c'est ce qu'on apprécie très bien avec la roue de Savart, dont les dents ne produisent que du bruit aussi longtemps qu'on peut distinguer les chocs ; mais, lorsque ceux-ci se succèdent plus vite, les bruits se confondent en un son, quoiqu'on puisse encore continuer d'entendre le bruit. D'où il suit que ce n'est pas seulement une succession régulière d'ondes simples, mais encore une succession régulière d'ondes très composées ou bruyantes, qui devient un son musical.

Un son éclatant est celui que produisent des ondes simples, d'une force suffisante, sans ondes irrégulières intermédiaires, c'est-à-dire sans bruit. La qualité de l'éclat, ou le timbre d'un son dépend des mêmes causes que la qualité du son simple : il n'y a de plus ici que la succession régulière des ondes.

III. Mouvement ondulatoire dans la propagation du son.

A. Ondes progressives dans la propagation du son.

La propagation des vibrations de corps résonnants a lieu, généralement, par des ...s de condensation et de raréfaction, et non par des ondes d'inflexion. L'eau ...duit les ondes sonores de cette manière. Ce mode de mouvement est donc ...ement différent des ondes d'inflexion de l'eau.

Un ébranlement communiqué à l'air, à partir d'un point, et dans toutes les ...ctions, détermine une onde sphérique d'air condensé, ayant la forme d'une ...e creuse, qui s'étend d'une manière uniforme en tous sens, et conserve par ...quent sa forme sphérique. Une sphère qui se dilaterait tout à coup dans l'air ...irait une onde de ce genre. Les molécules de l'air, repoussées par la boule ...e distend, acquièrent un mouvement correspondant à cette distension dans la ...ion du rayon, et, pendant le moment qui succède immédiatement, lorsque la ...e, revenant sur elle-même, détermine une réfraction à sa périphérie, elles y ...èrent un mouvement en sens inverse. Toutes les molécules de l'air à travers ...el passe l'onde sphérique acquièrent aussi le même mouvement. Mais l'ampli-...de l'excursion que ces molécules font en avant et en arrière, et qui, en la ...parant avec les ondes de l'eau, correspond à l'élévation de la protubérance de ...onde, diminue à mesure que l'onde s'avance, tandis que l'épaisseur de celle-ci ...meure la même pendant son expansion, absolument de même qu'une onde sphé-...que produite sur l'eau s'abaisse, tout en conservant la même largeur, à mesure ...elle prend de l'extension. La sphère creuse de l'onde progressive croît donc en ...on proportionnelle des carrés de son diamètre. La protubérance de l'onde diminue ...n le même rapport : c'est ce qui fait que l'intensité du son diminue à l'air libre, ...raison de l'accroissement des carrés des distances comprises entre l'onde sonore ...le lieu de son origine. Il n'y a pas de motif pour que ce décroissement ait lieu à ...gard du mouvement ondulatoire de l'air dans un tuyau.

Si le corps ébranlant ou vibrant ne communique point à l'air libre un choc en ...s sens, comme ferait une sphère qui se dilaterait, mais s'il ne lui en donne que ...une seule direction, l'onde résultant de là est également sphérique, tout ...me une onde, déterminée sur l'eau par un choc en un seul sens, n'en marche ...moins dans toutes les directions, et affecte conséquemment une forme cir-...laire. Cependant la grandeur de la protubérance de l'onde, ou l'amplitude de ...cursion que font les molécules de l'air à travers lesquelles passe l'onde, est plus ...e dans la direction du choc, parce qu'elle dépend en partie de cette direction ...-même. D'après cela, si les ondes sonores affectent une direction quelconque ...s le corps résonnant, comme cela a lieu lorsqu'une corde ou une colonne d'air ...re, le son est également plus fort et plus distinct dans cette direction. Il me ...ait que la circonstance suivante contribue aussi à cet effet dans certains cas. ...nde d'un milieu susceptible d'éprouver le mouvement ondulatoire peut, lorsque ...branlement agit sur ce milieu dans une certaine largeur, être considérée comme ...posée d'ondes circulaires de même diamètre, placées les unes à côté des autres. ...s ondes se couvrent dans une direction parallèle à la largeur de l'ébranlement,

mais elles ne se couvrent point à leurs extrémités libres. L'onde est donc plus forte dans une direction perpendiculaire à la largeur de l'ébranlement.

La force avec laquelle le son est conduit dépend, toutes choses égales d'ailleurs, du rapport entre le corps résonnant et le corps conducteur. Plus il y a d'homogénéité entre ces deux corps, plus aussi la communication est parfaite ; moins ils sont homogènes, plus la communication est imparfaite. L'air résonnant, par exemple celui d'un instrument à vent, transmet si parfaitement ses vibrations à l'air extérieur, qu'il n'y a point de renfoncement opéré par d'autres milieux ; mais il les communique difficilement à des corps solides. Les corps solides, au contraire, transmettent incomplétement leurs vibrations à l'air, et complétement à d'autres corps solides. De plus, lorsque les vibrations passent d'un milieu dans un autre qui n'est point de même nature, elles sont, comme la lumière, en partie transmises et en partie réfléchies. Ceci explique pourquoi des massifs de rochers font obstacle au son excité dans l'air, tandis que le son d'un corps solide, par exemple d'une verge, est transmis avec plus de force à l'oreille par un cordon que par l'air. Suivant Wheatstone, on peut, au moyen d'un fil métallique, conduire les sons d'un instrument à cordes sur un foyer de résonnance éloigné.

A part les différences qui viennent d'être signalées dans la force de la propagation, un son peut devenir, par le fait de la résonnance, plus fort qu'il ne l'était dans le corps sonore lui-même. La résonnance provient de l'agrandissement de la surface des parties homogènes vibrantes ; c'est pourquoi le diapason résonne avec plus de force quand on le place sur un corps solide. Là-dessus repose aussi l'effet du chevalet et de la caisse dans les instruments à cordes.

La résonnance est plus forte avec un corps limité qu'avec un corps non limité. En effet, le premier réfléchit les ondes sonores en partie par ses bords et ses surfaces, et ces ondes rétrogrades se croisent avec les nouvelles ondes excitées par le corps sonore ; mais, quand les protubérances des ondes se croisent, leur élévation devient plus considérable.

B. Ondulations stationnaires dans les corps conducteurs du son.

Des vibrations stationnaires naissent dans les corps conducteurs du son, limités, et en même temps élastiques. Il a déjà été dit précédemment qu'un corps conducteur limité réfléchit les ondes progressives par ses bords et par ses angles, que par conséquent les ondes qui viennent et celles qui reviennent se croisent. Un corps résonnant ne se partage pas nécessairement en parties aliquotes, de sorte que la largeur de ces ondes ne dépend pas de lui, mais des corps qui produisent le son. Dans un corps qui produit du son, les ondes qui naissent sont toujours des parties aliquotes de son tout. Mais un corps conducteur limité peut se partager lui-même, comme un corps sonore, en portions plus ou moins étendues, par la formation de nœuds et de lignes nodales. Ainsi, par exemple, il se forme de ces lignes nodales, d'après les expériences de Savart, sur des membranes tendues et conduisant le son, lorsqu'on les saupoudre d'une poussière légère. Des plaques offrent le même phénomène quand on les met en communication avec le corps producteur du son, par le moyen d'une verge, ainsi que l'a fait voir Savart.

Le son d'un corps peut, sous certaines conditions, non seulement provoquer de

ance dans un corps élastique limité, mais encore exciter celui-ci à pro-
i son par lui-même, auquel cas le dernier corps donne le son qui lui est
et qui diffère du premier. Les cordes tendues sont susceptibles de résonner
e dans le ton qui leur appartient en propre. Il paraît être nécessaire, pour
n seulement que l'élasticité soit portée à un haut degré, et la limitation
achée, mais encore que les ondes du premier son soient dans un rapport
vec celles du son fondamental du corps consonnant.

, un corps élastique et limité peut aussi, dans des conditions déterminées,
l'élévation du son d'un corps sonore par lui-même, lorsque les deux ordres
tions se modifient réciproquement pour former des ondes qui ne seraient
ni à l'un des deux corps ni à l'autre. Ainsi la colonne d'air qui résonne en
emps qu'une languette modifie le son de cette dernière. J'ai observé un
emple remarquable de cette action réciproque dans un sifflet dont je bou-
xtrémité ouverte avec une membrane (une vessie de cochon). On sait
ifflet d'un pied, fermé à l'extrémité par un bouchon, donne l'*ut* pour son
ntal; mais, si l'on remplace le bouchon par une membrane médiocrement
le son fondamental, lorsqu'on souffle aussi faiblement que possible, au lieu
ut$_2$, devient plus grave d'une tierce à une quinte; si la membrane est plus
le son fondamental s'élève; et, au plus haut degré possible de tension, cette
ne agit comme un bouchon solide.

quides conducteurs du son, lorsqu'ils sont en contact immédiat avec les
nores, montrent encore, à leur surface, des ondes d'inflexion particulières,
t bien distinguer des ondes condensantes de la conduction du son. Il s'éta-
effet, sur leur surface, de petites élévations et dépressions onduleuses ré-
, comme des ondes stationnaires. Ces phénomènes ont été décrits par
, Purkinje, Chladni, G. Sœmmerring et Faraday (1).

n fait vibrer dans l'air un diapason tenu horizontalement, et dont un côté
vert d'une couche d'eau peu épaisse, on voit se produire, dans celle-ci, les
les ondes stationnaires parallèles, qui, pour la plupart, occupent toute la
ur du diapason, et ont environ trois quarts de ligne de long. Ce sont en
sorte les reflets des vibrations du corps sonore, provenant des mouvements
vibrations communiquent aux molécules de l'eau. Si l'on tient le diapason
nt par une de ses faces dans un vase plein d'eau, on voit partir de ses côtés
sions parallèles très régulières du liquide, absolument comme si l'eau qui
e entrait simultanément avec lui dans un mouvement ondulatoire, qui ne
ue la continuation ou le prolongement des ondes de l'instrument. Si la
large de ce dernier est au-dessus de l'eau, ou couverte seulement d'une
mince, mais que les côtés plongent dans l'eau du vase, on reconnaît que les
la surface du diapason et celles dans l'eau du vase sont des prolongements
des autres. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que, quelque face du
i que l'on immerge, on aperçoit toujours dans l'eau des ondes stationnaires
limites sont perpendiculaires à la surface de l'instrument; il n'y a d'ex-
que pour les bords où les lignes deviennent divergentes.

g. Sœmmerring, dans KASTNER, *Archiv fuer die gesammte Naturlehre*, t. VIII, p. 96.
ay, dans *Philos. Trans.*, 1831, 319.

Le phénomène a lieu aussi dans des vases résonnants pleins d'eau, par exemple dans des verres qu'on fait parler avec un archet de violon; la masse de l'eau se trouve alors, comme le verre, partagée, suivant l'élévation du son, en quatre, six ou huit parties, avec des lignes nodales entre lesquelles s'aperçoivent, lorsqu'on passe légèrement l'archet, des ondes stationnaires, dont les limites sont perpendiculaires à la surface intérieure du vase. En frottant plus fort, il se produit d'autres figures, et le croisement des ondes donne lieu à des ondes stationnaires rhomboïdales. La largeur des ondes est rigoureusement proportionnée à l'élévation du son; elles sont plus larges pendant les sons graves. Du reste, l'eau s'accumule aussi dans les portions vibrantes du verre, et, quand on passe l'archet avec force, elle est lancée par jets au dehors. Si l'on met le verre en vibration par le frottement du bord avec le doigt, les portions vibrantes et les lignes nodales se déplacent continuellement, et suivent, en tournant, le doigt qui communique le mouvement.

Les lames de verre couvertes d'une mince couche d'eau présentent le phénomène d'une manière plus belle encore, quand on les frotte avec un archet.

Si l'on fixe un morceau de liége sur la peau d'un tambour, qu'on y assujettisse une petite baguette de bois terminée par une plaque ronde ou carrée, et qu'on place le tambour de manière que la plaque de la baguette trempe aisément dans l'eau, on voit, lorsque la membrane vibre, se former dans le liquide des ondes semblables, dont les limites sont perpendiculaires au côté de la plaque : aussi obtient-on une figure étoilée dans l'eau lorsque la plaque est ronde. Il n'est pas possible jusqu'à présent d'expliquer ce phénomène d'une manière satisfaisante.

Faraday dit que la plus légère différence possible dans une circonstance quelconque pourrait occasionner, pendant les vibrations d'une plaque, une élévation ou une dépression du liquide, et donner ainsi la première impulsion au phénomène. Mais je ne crois pas qu'on parvienne à expliquer des effets si réguliers par là et sans subdivision régulière ou sans un mouvement ondulatoire dans le corps sonnant, bien que ceci ne conduise pas non plus à une explication satisfaisante.

Du reste, pendant la conduction du son, les ondes sont condensantes, dans l'eau aussi bien que dans l'air. Mais les ondes dont il vient d'être parlé à la surface du liquide sont des ondes de soulèvement ou d'inflexion.

La vitesse de la propagation du son dépend de la densité et de l'élasticité des corps. Dans l'air sec, elle est, à la température de zéro, de 332,49 mètres par seconde. La chaleur l'augmente. Dans l'eau, la propagation du son a lieu quatre fois plus rapidement que dans l'air (1). Les corps solides l'effectuent avec plus de vitesse encore. Le fer conduit le son dix fois et demie plus vite que l'air, et le bois onze fois.

Quant à la réflexion, les ondes sonores se comportent comme les ondes lumineuses. Quand elles passent dans un milieu différent, elles sont en partie transmises et en partie réfléchies. Une montre placée au foyer d'un miroir concave fait entendre ses battements dans le foyer d'un autre miroir concave, qui réunit les rayons sonores. Comme les ondes sonores de l'air se communiquent aux corps so-

(1) Elle y est de 1435 mètres par seconde, d'après l'expérience, 1428 d'après le calcul, selon Colladon et Sturm.

is de difficulté qu'elles ne continuent à marcher dans l'air, la force du
rve parfaitement dans un tuyau de communication, comme aussi les
s transmises à un corps solide en forme de baguette conservent leur
e sans changement à de grandes distances. Un porte-voix représente
au foyer de laquelle le son est excité ; en vertu de la réflexion qu'ils
r les parois de cette parabole, les rayons sonores marchent dans des
i sont parallèles à l'axe. La cause du grossissement de la voix tient en
à la coïncidence des ondes primitives avec les ondes réfléchies, d'où
plus grandes condensations. Mais il faut avoir égard aussi à la réson-
nasse d'air limitée dans le tube; car l'air d'un tube ouvert à ses deux
un résonne, lorsqu'il conduit le son. Le cornet acoustique se rétrécit
oreille ; en conséquence, il condense les ondes sonores. Si ces parois
ques, et que l'oreille se trouve proche du foyer de la parabole, les
s dont les directions sont parallèles à l'axe de cette dernière se réu-
n point voisin de l'oreille. Un retentissement a lieu lorsqu'à distance
de la paroi réfléchissante, les ondes réfléchies parviennent à l'oreille
plus tard que les ondes primitives. Si la différence est assez consi-
que les deux sortes d'ondes ne s'accolent plus l'une à l'autre, il y a

CHAPITRE II.

mes et des propriétés acoustiques des organes auditifs.

I. Formes de l'organe auditif.

naît pas de parties comparables à l'organe auditif chez la plupart des
s vertèbres, et l'on peut même douter, pour certains d'entre eux,
lent; car de ce qu'un être réagit à l'occasion de vibrations, il ne s'en-
l a perçu un son, puisque ces vibrations peuvent être senties aussi par
comme ébranlement (1).

a de plus essentiel dans l'organe auditif, est, en tout cas, le nerf spé-
audition, qui a la propriété de percevoir les chocs comme son ; vient
ppareil capable de bien conduire ces chocs à l'organe auditif. Mais,
atières conduisant les vibrations sonores comme ondes de condensa-
ne point y avoir d'appareil conducteur spécial. On explique ainsi pour-
as été jusqu'ici découvert d'organes particuliers d'audition chez un si
re d'animaux invertébrés. Le nerf auditif, quoique étant seulement
itre les parties solides de la tête, devra sentir les vibrations communi-

ur les parties comparées à l'organe auditif chez les insectes, Comparetti, *Obs. interna comparata.* Padoue, 1789. — Treviranus, dans *Annalen der Wetterauikaft*, t. I.—Rambohr, dans *Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde.* p. 389. — P. Lyonet, *Recherches sur l'anatomie et les métamorphoses de différ d'insectes.* Paris, 1832, in-4, fig. — Mueller, *Physiologie des Gesichtssinnes,*

quées à ces dernières, tout comme s'il était étalé sur un appareil spécial. La plus simple forme de l'organe auditif, comme appareil particulier, abstraction faite du nerf spécifique, est celle d'une vésicule pleine de liquide et sur laquelle se répand le nerf. Les vibrations sont amenées à celui-ci ou par les parties dures de la tête, ou en même temps par une membrane tendue au dehors. Telle est la forme qu'on rencontre, parmi les animaux articulés, chez les crustacés, et, parmi les mollusques, chez les céphalopodes.

Dans les crustacés, l'organe est situé de chaque côté, à la partie inférieure de la tête, et près de l'article basal des grandes antennes extérieures. Il consiste en un vestibule osseux, dont la fenêtre extérieure est fermée par une membrane analogue à la membrane tympanique secondaire des animaux supérieurs. La cavité osseuse renferme un sac membraneux plein d'eau, à la surface duquel s'épanouit le nerf auditif.

L'organe auditif des céphalopodes se compose d'un vestibule cartilagineux, simple excavation du cartilage céphalique, sans fenêtre ni membrane au dehors. On trouve, dans cette cavité, un sac membraneux, sur lequel se répand le nerf auditif. Chez le poulpe, la paroi interne du vestibule est lisse; chez la seiche et le calmar, elle est parsemée de petits tubercules mous, ou de prolongements, qui font que la vésicule demeure nageante. Il y a une concrétion, une pierre auditive, dans l'intérieur de la vésicule (1).

Aucun animal vertébré n'a l'organe auditif aussi simple que ceux dont il vient d'être question. Jadis on croyait que les lamproies ressemblaient en cela aux animaux sans vertèbres; mais je me suis assuré qu'elles ont un labyrinthe compliqué et deux canaux semi-circulaires. Du reste, l'organe auditif suit une progression dans son développement et sa composition, depuis les poissons jusqu'aux mammifères (2).

A. Poissons.

Les poissons manquent de limaçon et de caisse du tympan; mais ils ont le labyrinthe membraneux, c'est-à-dire le sinus commun des canaux semi-circulaires, avec son appendice utriculiforme, qui existe la plupart du temps, et des canaux semi-circulaires. Le labyrinthe membraneux est logé, ou en totalité dans la substance du cartilage céphalique, comme chez les poissons cartilagineux, plagiostomes et cyclostomes, ou en partie dans les os du crâne et en partie dans la cavité crânienne, entre le cerveau et la paroi du crâne, comme chez les poissons osseux, les esturgeons et les chimères.

Les principales différences, et les plus essentielles, chez les poissons, sont les suivantes :

1° Il n'y a qu'un seul canal semi-circulaire, qui revient sur lui-même en forme

(1) *Voy.*, sur l'organe auditif de l'écrevisse et du poulpe, E.-H. Weber, *De aure et auditu hominis et animalium*. Leipzick, 1820.

(2) *Voy.*, sur sa structure chez les animaux vertébrés et chez l'homme, A. Scarpa, *Anatomicæ disquisitiones de auditu et olfactu*. Pavie, 1789. — Weber, *loc. cit.*, — G. Breschet, *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe et sur l'audition, dans l'homme et les animaux vertébrés*. Paris, 1836, in-4, avec 13 pl. — J. Hyrtl, *Vergleichend-anatomische Untersuchungen ueber das innere Gehærorgan des menschen und der Sæugethiere*. Prague, 1845.

au, et dont une partie, celle dans laquelle se répand le nerf auditif, corres-
u sinus commun. Ce cas, qui a été observé pour la première fois par Retzius,
ii des myxinoïdes (*Myxine* et *Bdellostoma*).

l ya deux canaux semi-circulaires, dont chacun naît du sinus commun par
ipoule à trois tubérosités. Les deux canaux convergent en reposant sur la
du sinus commun, et se réunissent en arcade : sur ce point ils commu-
t une seconde fois avec le sinus par une fente ; ce dernier présente en même
un appendice en forme de sac. Tel est le cas des *Petromyzon* et des *Ammo-*
l).

i ces deux premières formations, le labyrinthe ne contient pas de pierres
es.

l y a trois canaux semi-circulaires disposés comme chez les animaux supé-
c'est-à-dire partant d'un sinus commun ; ce dernier a pour appendice le
ins tous deux on trouve des concrétions, comme chez les plagiostomes, ou
tes pierres auditives osseuses et dures, comme chez les poissons osseux ; les
les autres sont libres. Le sac ne correspond point au limaçon des animaux
urs et de l'homme, puisque le sinus commun offre, même chez ceux-ci, un
ppendice utriculiforme.

plagiostomes ont de plus un prolongement du labyrinthe jusqu'au-dessous
eau.

z les squales, la cavité du vestibule cartilagineux se prolonge seule jusque
peau par l'ouverture existant à la région supérieure de la portion occipi-
crâne. Chez les raies, au contraire, la cavité du labyrinthe cartilagineux et
rinthe membraneux se prolongent tous deux jusque sous la peau. Une fosse
e dans la région moyenne de la portion occipitale du crâne, et qui est ta-
par une peau ou plus mince ou plus épaisse, contient quatre ouvertures,
droite et deux à gauche. Chacune des postérieures conduit au vestibule
gineux, et est close par une petite membrane. Chacune des antérieures ap-
t à la communication avec le labyrinthe membraneux. Entre les deux ou-
s du crâne et de la peau se trouvent effectivement deux sacs membraneux,
un desquels la cavité se prolonge jusque dans le sinus commun du laby-
membraneux par un canal qui traverse l'ouverture du crâne. Ce sinus au-
terne et son canal sont remplis de carbonate calcaire, dont on rencontre
es concrétions dans le sinus commun. La portion du sinus auditif qui adhère
au s'ouvre au dehors par trois petits canaux fort étroits, creusés dans les
nts extérieurs. Les chimères m'ont offert aussi une ouverture au crâne et
mincissements correspondants à la peau ; mais l'ouverture mène dans la
crânienne, où se trouve placée une partie du labyrinthe.

; les poissons osseux, la communication du labyrinthe osseux avec la surface
ire à l'aide d'ouvertures au crâne fermées par des membranes, n'a lieu
ptionnellement, par exemple dans deux espèces de lépidolèpres, suivant
), et dans le *Mormyrus cyprinoides*, d'après Heusinger (3).

. Breschet, *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe des poissons*. Paris, 1838,
c 17 pl.

oy. Mueller's *Archiv*, 1836, LXXXIV.

EDEMANN's *Zeitschrift*, t. II, p. 86. — Le *Lepidoleprus norwegicus* n'a pas cette ouverture.

E.-H. Weber a découvert que le labyrinthe de plusieurs poissons communique d'une manière indirecte avec la vessie natatoire (1).

Chez certains de ces animaux, tels que les *Cyprinus*, *Silurus* et *Cobites*, la communication a lieu par l'intermédiaire d'une chaîne d'osselets mobiles. Ainsi, par exemple, dans les cyprins, les deux labyrinthes membraneux, formés du sinus commun, des canaux semi-circulaires et du sac à pierre, sont en connexion, par continuité des membranes, avec un sinus membraneux impair caché dans la base de l'occiput, qui se prolonge postérieurement et de chaque côté en une oreillette membraneuse, laquelle, placée à la surface de la première vertèbre, a une ouverture en partie osseuse. A cette oreillette aboutit le premier osselet conchyliforme; le dernier est uni avec l'extrémité antérieure de la vessie natatoire.

Chez les sparoïdes (*Boops* et *Sargus*), il part, de l'extrémité antérieure de la vessie natatoire, deux canaux dont les extrémités en cul-de-sac sont fixées à deux ouvertures particulières du crâne que bouchent des membranes.

Dans les clupées, l'extrémité antérieure de la vessie se prolonge en un canal qui se bifurque. Chacune des divisions pénètre dans un conduit osseux de l'occiput; là elle se bifurque encore une fois. Enfin chacun des petits canaux se dilate en une capsule osseuse. L'une de ces capsules contient seulement l'extrémité en cul-de-sac du prolongement de la vessie natatoire; mais, dans l'autre, à ce prolongement en cul-de-sac s'en adosse un du labyrinthe membraneux.

Le labyrinthe du *Myripristis* communique aussi, d'après G. Cuvier, avec la vessie natatoire. Le crâne est ouvert en dessous, et fermé seulement par une paroi membraneuse, à laquelle cette dernière pend.

La caisse du tympan et la trompe d'Eustache des animaux supérieurs, les cavités accessoires du nez chez ces animaux, les sacs à air des oiseaux, et la vessie natatoire des poissons appartiennent, du reste, à une même classe, attendu qu'ils doivent naissance à des prolongements pleins d'air du tube respiratoire et intestinal, qu'ils continuent plus tard de communiquer avec ces cavités par des conduits ou des ouvertures, ou qu'ils s'en isolent complétement comme la vessie natatoire de plusieurs poissons, dont, avec le temps, s'efface le canal de communication avec le pharynx.

B. Reptiles.

A partir des poissons, on trouve généralement au labyrinthe deux fenêtres qui tantôt, ne communiquant point avec une caisse du tympan, sont seulement couvertes de peau et de muscles, et rappellent alors les deux prolongements du labyrinthe conduisant sous la peau qui se voient chez quelques poissons, tantôt sont en communication avec une cavité tympanique contenant de l'air. Le labyrinthe membraneux est situé en totalité dans l'intérieur des os du crâne. L'eau de ce labyrinthe ne contient que rarement de petites pierres auditives, comme chez quelques reptiles, notamment ceux qui se rapprochent des poissons (*Menobranchus*). La plupart du temps on n'y trouve qu'une espèce de lait produit par des cristaux calcaires microscopiques.

(1) Meckel's *Archiv*, 1825, p. 324.

La structure des organes auditifs offre de plus grandes variétés encore dans la lasse des reptiles. Chez ceux à peau nue, comme chez ceux à peau écailleuse, il y des familles totalement dépourvues de caisse du tympan, et d'autres qui en ont ne, avec une membrane du tympan et une trompe d'Eustache ; mais les reptiles e ces deux catégories diffèrent absolument en ceci, que les nus n'ont qu'une seule nêtre au labyrinthe et manquent de limaçon.

1. *Reptiles nus.*

La seule fenêtre que possèdent les reptiles nus, est la fenêtre ovale, fermée par étrier en forme de plaque ou de cône. La fenêtre ronde n'existe pas, non plus ne le limaçon.

a. Reptiles nus sans caisse du tympan.

Leur osselet de l'ouïe est la plaque de l'étrier, couverte par les muscles et la eau. Le labyrinthe membraneux consiste, comme chez le plus grand nombre des issons, en un sinus commun et en trois canaux semi-circulaires. Ici se rangent s cécilies (*Cœcilia*, *Epicrium*), les dérotrètes (*Amphiuma*, *Menopoma*), les otéides (*Proteus*, *Menobranchus*, *Siren*, *Axolotes*, et vraisemblablement aussi *epidosiren*), les salamandrides (*Salamandra*, *Triton*), enfin les bombinateurs rmi les batraciens ou reptiles nus anoures (1).

b. Reptiles nus pourvus d'une caisse du tympan.

Ceux-là possèdent une membrane du tympan, tantôt libre et tantôt cachée sous ne peau épaisse, et deux ou trois osselets de l'ouïe, savoir, le marteau, uni à la embrane du tympan, et qui ne représente qu'une petite plaque cartilagineuse, nclume osseuse et l'étrier. La trompe d'Eustache, prolongement de la cavité otturale, existe ici, comme elle le fait toujours quand il y a une caisse du tympan. 'el est le cas de tous les batraciens, ou reptiles nus anoures, à l'exception des ombinateurs.

C'est parmi les reptiles nus anoures qu'on observe les plus grandes différences u égard à la partie extérieure de l'organe auditif.

1° Il y a des batraciens sans caisse du tympan, membrane du tympan, ni trompe l'Eustache. Tels sont les bombinateurs, ou les genres *Bombinator* (*igneus*), *Cultripes* de Muller (*C. provincialis*), et *Pelobates* de Wagner (*P. fuscus*, W., qui st le *Cultripes minor*, M.).

2° Il y a des batraciens qui ont une membrane du tympan visible à l'extérieur u cachée sous la peau, une caisse du tympan, la plupart du temps membraneuse, rois osselets de l'ouïe, et une ouverture pour chacune des deux trompes d'Eusache séparées l'une de l'autre. Ici se rangent la plus grande partie des genres de renouilles et de crapauds, tels que, parmi les nôtres, *Rana*, *Bufo*, *Alytes*, etc.

3° Il y a des batraciens pourvus d'une membrane du tympan cartilagineuse, d'une caisse du tympan totalement circonscrite par des os, de deux osselets de l'ouïe, et d'une seule ouverture, dans le milieu du palais, pour les deux trompes

(1) Windischman, *De penitiori auris in amphibiis structura*. Bonn, 1831.

d'Eustache. Cette catégorie ne comprend que les genres privés de langue, *Pipa* et *Dactylethra*. Des trois osselets de l'ouïe qui existent chez les batraciens précédents, le premier est devenu la membrane cartilagineuse du tympan, le second a la forme d'un très long pédicule arqué, et le troisième est un appendice à peine perceptible du second, qui a la forme d'une petite feuille, et qui bouche la fenêtre (1).

2. *Reptiles écailleux.*

Les reptiles écailleux ont les deux fenêtres, et leur limaçon, si l'on excepte celui des chéloniens, présente la structure de celui des oiseaux.

a. Reptiles écailleux sans caisse du tympan.

L'osselet de l'ouïe est la plaque de l'étrier, qui s'étend en un pédicule plus ou moins long (columelle). Ce pédicule et les fenêtres sont couverts par des muscles et par la peau. On rencontre cette disposition dans les ophidiens, comme aussi dans les genres *Chirotes*, *Lepidosternon* et *Amphisbæna*.

b. Reptiles écailleux pourvus d'une caisse du tympan et d'une trompe d'Eustache.

On trouve chez eux la columelle des précédents, dont l'extrémité est fixée à la membrane du tympan par une masse fibro-cartilagineuse. Ici se rangent les chéloniens, les crocodiles, les lézards. C'est aussi le cas des sauriens apodes pourvus de paupières, *Bipes*, *Pseudopus*, *Ophisaurus*, *Anguis*, *Acontias* (2). Chez la plupart de ces animaux, la membrane du tympan est visible à l'extérieur : il s'en trouve cependant quelques uns, parmi les derniers, chez lesquels elle est couverte par la peau.

C. Oiseaux.

L'organe auditif des oiseaux ressemble à celui des crocodiles et des lézards en la plupart des points, par exemple dans la structure de la caisse du tympan, de la columelle et du limaçon. La caisse du tympan amène de l'air aux cavités des os de la tête, ce qui agrandit le volume des parois résonnantes. Le limaçon n'est point contourné ; c'est un canal presque droit, et terminé en cul-de-sac, qu'une cloison membraneuse très délicate partage en deux conduits, la rampe du tympan et celle du vestibule. La cloison est tendue dans un cadre cartilagineux qui se réfléchit en forme d'utricule vers l'extrémité, et qui se comporte envers la lamelle de la cloison comme l'empeigne d'une pantoufle à l'égard de la semelle. La courbure de cette espèce de bouteille est continuée, sur toute la longueur du limaçon, par une membrane vasculaire plissée en travers. Ces plis ou rides sont ce que Treviranus a le premier décrit comme autant de petites lamelles isolées représentant des touches de clavecin. Le sinus commun des canaux semi-circulaires et

(1) *Voy.* Mueller's *Archiv*, 1836, LXVII.
(2) *Voy.* Mueller, dans Tiedemann's *Zeitschrift*, 4, 2.

bouteille du limaçon contiennent une poudre cristalline de carbonate calre (1).

D. Mammifères.

L'organe auditif des mammifères ne diffère en rien d'essentiel de celui de omme, et les différences de détail n'ont point, quant au plus grand nombre, z d'importance physiologique pour que nous devions les mentionner ici. Le liçon est toujours contourné, et possède une lame spirale, en partie osseuse, en tie membraneuse, qui court autour de la columelle. Il n'y a que celui de nithorhynque et de l'échidné qui ressemble, en tout point, à celui des aux. La caisse du tympan d'un grand nombre de mammifères représente une nde vésicule osseuse, qui est fermée la plupart du temps par l'os tympanique. z beaucoup de ces animaux, elle se prolonge dans d'autres os limitrophes (2). lques uns ont aussi un tympan supérieur, attendu que le rocher fait une saillie iculaire en haut et en arrière, comme dans les genres *Pedetes*, *Dipus* et *Mascelides*. De cette manière, les espaces résonnants se trouvent agrandis. Les acés et l'ornithorhynque n'ont point d'oreille externe : la trompe d'Eustache des phins s'ouvre dans le nez, et le conduit auditif externe des mammifères totalent aquatiques est extrêmement étroit.

'ai fait connaître ailleurs les observations de Treviranus et de Gottsche sur la ribution des nerfs dans le limaçon. De même que les fibres nerveuses s'y rédent sur la lame spirale, pour être entourées de deux côtés par la lymphe labyhique, de même aussi, d'après la découverte de Steifensand (3), ils s'épaissent, dans les ampoules, sur une saillie, qui ne traverse pas l'ampoule de t en part, mais ne fait que s'élever dans son intérieur. Dans l'ampoule des mmifères, il y a un renflement transversal, formant une cloison incomplète, correspond à l'épanouissement du nerf. Chez les oiseaux, au contraire, on ve sur cette cloison deux branches libres, l'une supérieure, l'autre inférieure, se terminent en forme de bouton, de manière que le tout représente une x, dont les branches transversales sont adhérentes, tandis que les branches pendiculaires sont libres. Chez la tortue, la cloison, comme renflement, préle seulement dans le milieu une espèce de bosse. La cloison de l'ampoule anure repose obliquement sur la paroi de l'ampoule, et n'a point de bosse : s l'ampoule externe il n'existe qu'une moitié de la cloison. Chez le crocodile et lézards, l'ampoule extérieure est comme dans la tortue ; les autres ont la connation en croix dans l'intérieur. La cloison des poissons est un pli transversal flé en bourrelet.

Toutes les dispositions acoustiques qu'on observe dans l'organe de l'ouïe ne t que des appareils conducteurs du son, de même que celles qu'on voit dans il sont des appareils conducteurs de la lumière. Comme toute matière quelque conduit les ondes sonores, il faut que l'audition soit possible même dès

(1) Huschke, dans Muellen's *Archiv*, 1835, p. 335. — G. Breschet, *Rech. anat. et physiol. l'organe de l'audition chez les oiseaux*. Paris, 1837, in-8, avec 8 pl. in-4. — Muellen's *Arc*, 1837, LXIV.

(2) Hagenbach, *Die Paukenhœhle der Saugethiere*. Bâle, 1835.

(3) Muellen's *Archiv*, 1835, p. 171.

les plus simples conditions, car tous les entourages matériels du nerf auditif (vent nécessairement lui amener le son. Dans l'œil, il fallait une certaine constr tion pour diriger les ondes lumineuses de manière qu'elles prissent sur le ner même disposition que celle qu'elles affectent en partant de l'objet. Cette précau était inutile pour l'organe auditif. Tous les milieux conduisent sans le moi trouble, et, malgré les croisements les plus variés, les ondes sonores les plus di sifiées eu égard à leur direction comme à leur succession ; pourvu que ces o viennent à rencontrer l'organe et son nerf, elles arrivent infailliblement à la ception. La structure entière de l'organe auditif ne peut donc tendre qu'à un but, celui de faciliter la transmission des ondes et de les multiplier par résonna or, tous ces appareils acoustiques de l'organe se laissent effectivement ramen ces deux principes.

Pour l'audition en elle-même, il n'est donc besoin ni de membrane du tym ni d'osselets de l'ouïe, ni de limaçon, ni de canaux semi-circulaires, ni mêm vestibule et de lymphe du labyrinthe : aussi toutes ces parties peuvent-elles n quer. L'organe auditif des animaux sans vertèbres est déjà réduit à une sim vésicule, qu'on ne rencontre même pas chez beaucoup d'entre eux où le seul spécifique paraît suffire. Tout corps conduit des ondes : le corps d'un animal (entourages immédiats du nerf auditif les reçoivent dans le même ordre q milieu conducteur du son les propage. On ne peut donc pas même prétendre l'aptitude à distinguer l'acuité et la force relative des ondes exige des appareils ticuliers ; mais la netteté et l'intensité absolue des sons augmentent à mesure l'organe se développe davantage au point de vue acoustique.

La meilleure manière de comprendre la destination de ces appareils est d suivre depuis leurs formes les plus simples jusqu'aux plus compliquées, et d' miner ce qui s'y ajoute peu à peu. On apprend ainsi à connaître les circonsta qui sont indépendantes de telle ou telle autre, et celles qui sont étroitement ensemble.

II. Transmission du son jusqu'au labyrinthe chez les animaux qui entendent dans l

Chez les animaux qui vivent dans l'air, les ondes sonores de l'air arr d'abord aux parties solides de l'animal et de l'organe auditif, et de là elles pa à la lymphe du labyrinthe. La force de l'ouïe d'un animal qui vit et qui en dans l'air doit donc dépendre du degré auquel les parties solides de son o auditif sont aptes à recevoir des ondes aériennes, de la diminution que les e sions des molécules vibrantes éprouvent au moment où les vibrations passe l'air dans les parties extérieures de l'organe auditif, et du degré d'aptitude lymphe labyrinthique à recevoir les vibrations des parties externes de l'o auditif. La portion extérieure tout entière de l'organe d'audition est calc comme nous le verrons, dans la vue de rendre plus facile la transmissio vibrations de l'air à des parties solides, transmission qui présente en elle-m des difficultés.

Chez les animaux qui vivent et qui entendent dans l'eau, le problème est autre. Le milieu qui transmet les vibrations sonores est l'eau ; il les amène parties solides du corps de l'animal, d'où elles parviennent encore une fois

eau, à savoir, la lymphe du labyrinthe. Ici l'intensité de l'ouïe dépend du degré d'aptitude qu'ont les parties solides de l'organe auditif, que les ondes sonores doivent traverser en premier lieu, à recevoir des ondes de l'eau ambiante, pour les transmettre de nouveau à de l'eau, et de la diminution que les excursions des molécules vibrantes éprouvent pendant ce passage. Nous verrons encore ici que toute la partie extérieure de l'organe auditif est calculée dans le but de faciliter cette transmission.

Comme la transmission des ondes de l'air à des corps solides, et celle de l'eau à des corps solides, sont fort inégales, et qu'elles sont fortifiées par des moyens fort différents, la nature a eu besoin de déployer pour cela des appareils tout autres dans la partie extérieure de l'organe auditif chez les animaux qui entendent dans l'air et chez ceux qui entendent dans l'eau, tandis que la partie interne de l'organe pouvait avoir et a effectivement beaucoup plus d'uniformité dans les deux cas. En général, le problème est plus simple chez les animaux qui vivent dans l'eau. Le cheminement des vibrations, depuis le milieu extérieur jusqu'au nerf, a lieu par trois conducteurs successifs, mais dont deux sont semblables, savoir, d'abord l'eau extérieure, puis les parties solides de l'animal et de l'organe auditif, enfin l'eau du labyrinthe. Chez les animaux aériens, ce cheminement s'opère aussi à travers trois milieux différents tous les uns des autres : ce sont l'air, les parties solides de l'animal et de l'organe auditif, et l'eau du labyrinthe. C'est cette circonstance, sans qu'il soit nécessaire d'en chercher d'autres, qui fait que l'organe auditif des animaux aériens l'emporte généralement en complication sur celui des animaux aquatiques. Comme l'organe auditif de ces derniers, des poissons, par exemple, est d'ordinaire totalement entouré de parties solides, la première question qui se présente à résoudre est celle de savoir ce qui arrive pendant que les ondes sonores passent de l'eau dans des parties solides et sortent de celles-ci pour rentrer dans l'eau. Lorsque les ondes d'air sont transmises à des corps solides, une diminution considérable a lieu dans l'amplitude des excursions ou des chocs des molécules vibrantes, tandis que la communication des ondes de l'air résonnant à l'air, et celle des ondes d'un corps résonnant solide à d'autres corps solides, s'accomplissent sans la moindre diminution. Le plein son d'un corps solide, d'une corde, par exemple (sans caisse résonnante), ne s'entend que quand des corps solides le conduisent du corps solide générateur aux parties solides de l'organe auditif, comme lorsqu'on interpose une verge entre le chevalet de la corde et l'oreille externe bouchée. Mais, s'il y a de l'air entre le corps solide qui produit le son et l'oreille, le son est faible, parce que la transmission des ondes s'opère difficilement d'un corps solide à l'air, et qu'en pareil cas elle ne peut s'accomplir sans une diminution dans l'amplitude des excursions des particules vibrantes ou de l'ébranlement. En revanche, le son de l'air qui résonne, comme celui d'un instrument à vent, est parfaitement propagé par l'air, et porté par lui à l'organe auditif, mais il ne se communique à des corps solides que difficilement, et avec une diminution de l'intensité des ébranlements : aussi n'entend-on jamais mieux le son d'un sifflet qu'en appliquant à l'oreille bouchée une verge qui s'étend jusqu'au voisinage de l'air résonnant. En est-il de même lors du passage des ondes de l'eau dans des corps solides? Y a-t-il également ici diminution de l'ébranlement? On n'a point encore fait de recherches à cet égard. L'imperfection dans

laquelle a langui jusqu'à présent l'acoustique des organes auditifs, qui, pour parler plus exactement, existe même à peine, m'a déterminé à entreprendre une série d'expériences dont je vais donner ici les résultats.

I. *Les corps solides reçoivent de l'eau, avec augmentation de force, les ondes sonores produites dans ce liquide lui-même.*

On emplit d'eau jusqu'au bord un vase de verre, de porcelaine ou de bois. Une soucoupe nage sur l'eau, sans toucher le vase. On produit un son en faisant toucher un corps dans cette soucoupe. Si l'on se bouche bien les oreilles avec des bouchons de papier tordu, dont on a préalablement mâché le bout introduit dans le conduit auditif, et dont l'autre extrémité sèche sort de l'oreille, on n'entend le son que très faiblement à travers l'air; mais, à travers une baguette de bois, ou mieux un tube de verre appuyé sur le corps solide qui résonne et sur le bouchon de l'oreille, on l'entend extrêmement fort. Si ensuite on plonge dans l'eau du vase la baguette tenue contre l'oreille, pendant qu'on laisse tomber quelque chose dans la soucoupe, on entend de l'eau un bruit très fort et pur, tel qu'il est propre à la soucoupe, et beaucoup plus fort que celui qui est transmis par l'air. Dans ce cas les ondes sonores passent de la soucoupe, ou du corps solide, à l'eau, puis de l'eau à la baguette, et ensuite de l'eau à l'organe auditif. On voit, d'après cela, non seulement que des corps solides qui résonnent transmettent leurs ondes sonores à l'eau avec une grande force, mais encore que l'eau les rend avec plus de force au corps solide, au bâton, par le moyen duquel on les entend. En tenant la baguette dans l'eau pendant l'expérience, ou touchant avec elle la paroi du vase extérieur, les conditions sont à peu près les mêmes. Le son passe de la soucoupe dans l'eau, et de celle-ci dans la baguette, soit immédiatement, soit par l'intermédiaire d'un second corps solide. Dans ce dernier cas, le son peut être un peu plus fort, parce qu'il faut alors faire entrer en ligne de compte la résonnance du vase extérieur.

II. *Les ondes sonores de corps solides se transmettent avec plus de force à d'autres corps solides mis en communication avec eux-ci, qu'à l'eau; mais la transmission des ondes a bien plus d'intensité quand elle s'opère de corps solides à l'eau que quand elle s'accomplit de corps solides à l'air.*

Ce théorème découle très facilement de l'expérience précédente; car le son n'est jamais plus fort que quand la baguette communiquant avec le bouchon de l'oreille touche à la soucoupe flottante pendant qu'on fait sonner celle-ci. Le son de l'eau qui environne la soucoupe, et dans laquelle on plonge la baguette, est déjà beaucoup plus faible. Mais l'air conduit le son bien plus faiblement encore, puisque celui qui arrive au bouchon de l'oreille par son seul intermédiaire est très faible proportionnellement au son qui, de la soucoupe elle-même ou de l'eau, vient à l'obturateur par le moyen de la baguette.

III. *Les ondes sonores de l'air se transmettent très difficilement à l'eau, et avec bien plus de difficulté qu'elles ne marchent dans l'air; mais elles se communiquent très facilement à ce liquide par l'intermédiaire d'une membrane tendue.*

Personne n'ignore qu'on entend dans l'eau les sons qui sont excités dans l'air. Mais un autre fait que j'ai observé me semble avoir un grand intérêt : c'est qu'une membrane tendue, en contact avec l'air et l'eau à la fois, facilite à un degré extraordinaire le passage des ondes aériennes dans l'eau. Si je fais souffler dans un sifflet de laiton ou de bois, long d'un pied, et sans trous latéraux, de telle manière

e que l'extrémité inférieure plonge dans l'eau, et que je me bouche les deux les, je n'entends que très faiblement le son au moyen de la baguette plongée l'eau, alors même que la surface du liquide est perpendiculaire à l'axe du t, et que par conséquent les ondes aériennes choquent l'eau d'une manière cale. Mais, si le bout inférieur du sifflet est entouré d'une membrane mince ie de cochon), qui soit peu tendue, qu'on plonge cet instrument dans l'eau, 'on souffle dedans, j'entends le son très fort avec la baguette plongée dans et appuyée sur l'obturateur de mon oreille, principalement lorsque la ba- e se trouve dans la direction du mouvement ondulatoire ou dans celle du . Les sons que je discerne ainsi sont très éclatants. Ceux qui conviennent le r pour l'expérience sont le son fondamental que le sifflet rend lorsqu'on y e aussi faiblement que possible, ou aussi l'un des sons moyens. On emploie conducteur une baguette de bois, ou mieux un tube de verre, d'un diamètre : à huit lignes, dont on tient les parois parallèles à la direction des ondes so- de l'eau. Si, tout en tenant le tube appliqué à l'oreille bouchée, on le pro- çà et là dans l'eau, le son ne manque jamais de se renfler beaucoup chaque n'il passe devant la membrane du sifflet. Cet appareil est indispensable dans périences suivantes sur l'audition dans l'eau et sur la valeur acoustique de ne des parties de l'organe auditif: il m'a rendu les plus grands services, et ni je ne serais arrivé à aucun résultat. Pour les sons aigus des sifflets, le ren- ment est peu ou point perceptible.

xpérience qui vient d'être rapportée prouve aussi que la propagation du son nporte dans l'eau comme dans l'air, c'est-à-dire que les ondes d'impulsion lus fortes dans la direction de l'impulsion primordiale, quoique les ondes . aussi, généralement, circulaires ou sphériques.

. *Des ondes sonores qui se propagent dans l'eau et qui traversent des corps s limités, ne se communiquent pas seulement avec force au corps solide, mais résonnent des surfaces de ce corps dans l'eau, de manière que le son dans au voisinage du corps solide, est encore entendu fort là où il devrait être faible d'après la seule transmission dans l'eau.*

exécutant l'expérience rapportée dans le paragraphe précédent, l'observa- lont les oreilles sont bouchées, et qui se sert d'un conducteur plongé dans l'eau at la direction d'un sifflet fermé à son extrémité par une membrane et plongé ment dans le liquide, entend le son de cet instrument très fort, lorsqu'il ne se e que de l'eau entre le bout du sifflet et le conducteur. Vient-on à interposer ces deux derniers corps une petite et mince planchette de bois, de manière es ondes sonores aient à traverser de l'eau, puis la planchette, enfin de l'eau e, pour parvenir jusqu'au conducteur, on entend le son, dans la direction du , avec autant ou presque autant de force que si la planchette ne se trouvait ; mais on l'entend aussi avec assez de force, au voisinage des surfaces de la hette entière, lorsque, sans toucher à celle-ci, le conducteur n'est mis en rt qu'avec l'eau qui en avoisine les surfaces. Là le son est plus fort que dans ste de l'eau. Ce renforcement a lieu dans le voisinage de toutes les parois de nchette, et on le remarque encore à une assez grande distance de la direction ipale de l'ébranlement. Si l'on éloigne la planchette résonnante, le son n'est ju'aux endroits placés vis-à-vis du point sur lequel porte le choc des ondes

du sifflet. La résonnance des parois du vase contenant l'eau est notable aussi leur voisinage, lorsqu'elles sont de bois.

V. *Les ondes sonores qui se propagent dans l'eau subissent aussi une réfle partielle de la part des parois du corps solide.*

Cette proposition, qui nous servira dans l'acoustique du labyrinthe, a b d'être déjà développée ici. L'appareil précédemment décrit est celui à l'aid quel on parvient le mieux à se convaincre de la réflexion partielle des ond nores dans l'eau. On plonge dans l'eau d'un grand vase le sifflet fermé pa membrane ; ce vase contient un cylindre de verre, long de six pouces, fe l'un de ses bouts, et également plein d'eau, qu'une personne embrasse av mains, et tient de manière qu'il ne touche point les parois du vase : on en l'extrémité du sifflet dans l'orifice du cylindre, et l'on souffle faiblement de pour en tirer le son fondamental. En tenant alors le conducteur dirigé aussi l'orifice du cylindre, sans qu'il touche ni ce dernier ni le sifflet, on entend, son secours, le son des ondes d'eau avec tout autant de force que s'il était o à l'orifice du sifflet. Cette force du son est une suite, non pas seulement résonnance du cylindre, mais encore de la réflexion que ses parois déterm car elle reste la même quand on a rendu la résonnance du cylindre aussi que possible en le couvrant intérieurement d'une couche de suif, et assourd ses parois extérieures en les embrassant avec les deux mains. Au contrai son dans l'eau est beaucoup plus faible dans le liquide qui entoure le cyli l'extérieur.

VI. *De minces membranes conduisent le son dans l'eau sans affaiblisse qu'elles soient ou non tendues.*

Si l'on place dans l'eau une cloison membraneuse entre le bout du sifflet par une membrane et le conducteur tenu dans la direction de ce dernie n'aperçoit pas la moindre différence dans la force du son, tandis qu'il est p faible dans les directions latérales. J'employai d'abord pour cloison une mem tendue, un morceau de vessie de cochon étendu sur un large anneau. M membranes non tendues, et simplement suspendues dans l'eau, donnent le résultat. J'appliquai l'une sur l'autre plusieurs couches de vessie de cochon s et ensuite ramollie, je les comprimai ensemble, pour exprimer l'air compris elles, et je suspendis le tout dans l'eau. Alors même que la cloison se compo quatre à huit lamelles superposées, je remarquais encore un peu de renforc dans la direction du sifflet. Un plus grand nombre de membranes le rendai Un morceau de peau humaine et la paroi de l'utérus d'une femme enceint avait trois lignes de diamètre, empêchaient tout renforcement, lorsqu'on le ployait comme cloison, et le son n'était pas perçu derrière ces corps av d'intensité que dans tout autre point de l'eau situé en dehors de la direction cipale des ondes.

VII. *Les propositions III, IV et VI expliquent le phénomène de la tra sion du son chez la plupart des animaux qui vivent dans l'eau et ne respirent l'air.*

Lorsque, après nous être bien bouché les oreilles, nous écoutons les ond nores de l'eau au moyen d'un conducteur de bois, nous nous plaçons préci dans la situation du poisson, et nous entendons les sons de la même manièr

. *L'immersion* de la tête dans l'eau est une chose inutile, et qui d'ailleurs ne met pas de se livrer avec calme à l'observation. Le conducteur solide agrandit arties solides de notre tête, et, comme chez le poisson, les expose immédiate- aux ondes sonores de l'eau. Le labyrinthe simple ou composé des animaux rivent dans l'eau, tantôt est entouré de tous côtés par les cartilages et les os râne, comme chez les céphalopodes, les cyclostomes et les poissons osseux, communique avec la surface du corps de l'animal, et la communication a au moyen d'une membrane, telle que la membrane tendue au-devant de la le auditive des crustacés, ou la peau amincie qui couvre la fenêtre des pla- nes, à la surface de la tête. Du reste, les os de la tête sont susceptibles aussi résonnance dans l'eau, c'est-à-dire que les vibrations qui leur sont com- niquées éprouvent une réflexion partielle de la part de leurs surfaces, et y nent des ondes rétrogrades qui profitent au labyrinthe. Cette conséquence ale des faits mentionnés dans le quatrième paragraphe. Chez les squales et ies, à squelette cartilagineux et mou, cette résonnance intérieure des parties des de la tête est peut-être moindre que chez les poissons osseux, et c'est peut- là aussi ce qui a rendu nécessaire chez ces animaux la communication du la- inthe avec la surface du corps par le moyen d'une membrane tendue sur une ure. Dans les cyclostomes, la capsule auditive fait partie des pièces solides du elette; chez eux, elle est recouverte, en outre, par des muscles, qui doivent iner le pouvoir conducteur du son.

VIII. *Des masses d'air résonnent dans l'eau par des ondes sonores, lorsque l'air renfermé dans des membranes ou des corps solides, et produisent par là un ren- cement considérable du son.*

Une personne était chargée d'exciter dans l'eau, au moyen du sifflet fermé par membrane, des ondes sonores ayant une direction déterminée, tandis que, geant le conducteur dans le liquide, je le dirigeais vers mon oreille bouchée. uspendais alors dans l'eau, avec mes doigts, entre l'extrémité libre du sifflet et onducteur, la vessie natatoire d'un gardon, de manière qu'elle ne touchât un ni l'autre. Dans ce cas, le son perceptible avec le conducteur devient beau- plus fort que quand les ondes sonores ne parviennent à ce dernier, tenu leurs à la même distance, que par le seul intermédiaire de l'eau. Ceci prouve t choses: d'abord, qu'au moyen de membranes interposées, le son passe très ment de l'eau à l'air et de l'air à l'eau, sans subir d'affaiblissement; ensuite, quand l'air est en même temps renfermé dans une membrane entourée d'eau utes parts, le son est singulièrement renforcé par la résonnance de cet air té, attendu que les ondes sonores sont en partie réfléchies par les limites de l'air, ce de là naissent des ondes sonores plus fortes.

X. *Des membranes remplies d'air résonnent dans l'eau, alors même que les s sonores sont communiquées à la vessie par des cordes solides.*

l'on fixe la vessie natatoire d'un gardon dans la fente d'une baguette, qu'on ne celle-ci appliquée aux parois d'un vase, de manière que la vessie soit libre l'eau, et qu'ensuite on pose un diapason résonnant sur le bord du vase, le ucteur, mis en communication avec l'oreille bouchée, fera entendre les ondes es transmises à l'eau avec beaucoup plus de force au voisinage de la vessie lans tout autre point du liquide placé à une même distance du lieu d'où part

le son, et le son est aussi fort que si l'on rapprochait le conducteur des parois du vase dans l'eau.

Avec un air plus condensé, cette résonnance doit être plus forte : c'est ce qui suit déjà de la loi connue de la transmission du son dans l'air, savoir, que l'intensité augmente avec la densité de l'air, et que le son d'une cloche s'affaiblit, jusqu'à devenir imperceptible, dans un espace où l'on raréfie l'air. Cependant les expériences directes avec une vessie natatoire n'indiquent qu'une très petite différence lorsque l'air est comprimé et le sac flasque. Pour faire l'expérience, j'attachais la vessie au tube d'une bonne seringue, à l'aide de laquelle je pouvais la remplir d'air très condensé. La vessie ne se distend presque pas, parce qu'elle est entourée à l'extérieur d'une membrane fibreuse.

X. *Des faits précédents, il suit que la vessie natatoire des poissons est en même temps un appareil de résonnance pour les ondes sonores qui traversent le corps de l'animal.*

Cet espace plein d'air reçoit les ondes sonores de l'eau en partie par les organes mous du corps des poissons, en partie par les os, spécialement par la colonne vertébrale, au-devant de laquelle il est placé, et il devient le point de départ d'ondes de résonnance qui, elles-mêmes, se transmettent à leurs entourages, particulièrement aux os. On ne peut donc pas nier, en général, que la vessie natatoire ne contribue pour quelque chose à fortifier l'action du son sur l'organe auditif, même chez les poissons dans le corps desquels elle n'a point de connexion avec cet organe. Mais, partout où la connexion a lieu, soit par une chaîne d'osselets étendus jusqu'au labyrinthe, soit par l'adossement immédiat de la vessie natatoire au labyrinthe membraneux, cette vessie, comme caisse résonnante, comme condensateur et conducteur des ondes sonores qui rencontrent le corps entier, se lie de la manière la plus immédiate au labyrinthe, quant à sa manière d'agir. Cette fonction de sa part semble être devenue le but principal chez les cobites, dont la très petite vessie natatoire est logée dans une excavation vésiculeuse du corps de la seconde vertèbre, et entourée en grande partie de substance osseuse, tandis qu'en avant elle tient au labyrinthe par la chaîne des osselets de l'ouïe.

Comme l'aptitude à conduire et à résonner croît avec la densité de l'air dans la vessie natatoire, cet organe doit exercer une action plus forte sur l'ouïe dans les grandes profondeurs de l'eau, où il est considérablement comprimé par l'accroissement de la pression (1).

Chez les reptiles qui vivent dans l'eau, tels que les protéides, les amphiumes, les ménopomes, les tritons, les bombinateurs, la transmission du son de l'eau à la lymphe du labyrinthe, indépendamment de celle qui a lieu par les os, n'est point favorisée par une fenêtre close d'une membrane, comme chez les squales et les raies, mais par une fenêtre garnie d'un petit couvercle mobile, la plaque et l'étrier. Cette plaque est fixée par une membrane au rebord de la fenêtre ; la peau et les muscles passent par-dessus, de même qu'ils recouvrent les os de la tête. On parvient aisément, au moyen d'un appareil analogue, à se convaincre du grand rôle que cette fenêtre joue lorsqu'il s'agit d'entendre dans l'eau. Les principaux

(1) Mueller, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 441. — *Comp.* Carus, dans *Bericht ueber die Versammlung der Naturf. in Iena*. Weimar, 1837.

vantages qu'offre cette disposition ne sont cependant pas calculés pour l'audition ans l'eau, mais bien pour celle dans l'air, comme on le verra plus loin. La fenêtre 'aurait pas été nécessaire pour entendre dans l'eau. Les reptiles qui viennent d'être ommés sont des animaux à la fois aériens et aquatiques.

III. Transmission du son jusqu'au labyrinthe chez les animaux qui vivent dans l'air.

La transmission du son avec une certaine intensité, depuis la surface du corps squ'à l'eau du labyrinthe, exige un appareil bien plus compliqué chez un animal ui vit dans l'air que chez les animaux aquatiques ; car la propagation du son de air aux parties solides qui entourent l'organe auditif et l'eau du labyrinthe, s'accomplit avec beaucoup plus de difficulté que celle du son de l'eau aux parties ures : aussi trouve-t-on, chez la plupart des animaux aériens, deux fenêtres ferées, l'une par une membrane, l'autre par un couvercle solide. Presque tous nt aussi une caisse du tympan, une trompe d'Eustache, et deux conduits menant à labyrinthe, l'un dans lequel la transmission s'opère de la membrane du tympan l'eau labyrinthique par des corps solides, les osselets de l'ouïe, la seconde dans quelle elle s'accomplit du tympan secondaire, ou de la membrane tendue sur la nêtre ronde, à cette même eau par l'intermédiaire de l'air. Les discussions dont us ouvrages de physiologie sont pleins, relativement à celle de ces deux voies r laquelle a lieu la transmission, n'ont aucun sens aux yeux du physicien. L'air nduit, les membranes conduisent, les osselets conduisent; chacun fait par conquent ce qu'il ne peut pas s'empêcher de faire. Deux transmissions simultanées 'espèce différente doivent naturellement fortifier l'impression. Les lois de cette ommunication n'ont point été trouvées jusqu'à présent. Le sujet va être soumis un examen non moins détaillé que l'audition dans l'eau.

Pour apprendre à connaître la valeur acoustique de chaque portion d'organe, il ut l'étudier dans son développement graduel.

A. Animaux aériens privés de caisse du tympan.

Les animaux aériens privés de caisse du tympan ne sont presque jamais astreints la seule transmission par les os de la tête. La communication de l'air à des parties lides est trop faible pour qu'elle puisse suffire. Presque tous les animaux aériens, ême ceux qui n'ont pas de caisse du tympan, possèdent des fenêtres qui mènent labyrinthe, et, chez les derniers, ces fenêtres sont couvertes par de la peau et s muscles. Le *Rhinophis* et le *Typhlops* sont les seuls chez lesquels je n'aie ouvé ni fenêtre ni osselets de l'ouïe.

I. *Les ondes sonores qui passent de l'air dans l'eau éprouvent une diminution nsidérable d'intensité, mais elles passent avec la plus grande force de l'air à au par l'intermédiaire d'une membrane tendue.*

C'est là le phénomène fondamental d'où nous partons. La preuve, bien simple, t fournie par l'expérience qui établit que les sons d'un sifflet dont le bout plonge ns l'eau ne sont entendus que très faiblement au moyen du conducteur adapté l'oreille bouchée, même lorsque les ondes sonores frappent perpendiculairement r l'eau, tandis qu'ils sont très forts quand l'extrémité du sifflet qui plonge dans le

liquide est close par une membrane. Ceci explique tout de suite et clairement l'effet de la fenêtre et de sa membrane. Cette dernière fait que les ondes sonores se transmettent avec intensité de l'air à l'eau du labyrinthe, qu'il y ait ou non une caisse du tympan. Alors même que la mince membrane de la fenêtre ronde est, non pas libre à la superficie, mais couverte de peau et de muscles, comme chez les ophidiens, ces téguments ne constituent pas un obstacle essentiel, puisque, quand on ferme le sifflet avec plusieurs couches superposées de vessie de cochon, qu'on en plonge l'extrémité dans l'eau, et qu'on lui fait rendre le plus grave de ses sons, celui-ci s'entend dans l'eau, par le moyen du conducteur, avec plus de force que quand le sifflet était clos par un bouchon adapté à son ouverture. Cette manière particulière d'agir des membranes ne dépend pas uniquement, comme on l'entrevoit sans peine, de leur minceur, mais elle tient aussi à la mobilité et à l'élasticité de leurs molécules. Le son s'affaiblit également dans sa transmission de l'air à un corps solide, que celui-ci soit épais ou mince, car l'obstacle n'a lieu qu'au moment du premier passage. Par conséquent, une membrane ne peut point, eu égard à ces sortes d'effets, être envisagée au simple point de vue d'un corps très mince. Son aptitude spéciale à s'étendre fait qu'elle reçoit facilement les ondes aériennes, comme si elle était elle-même air, et qu'elle les rend facilement à l'eau, comme si elle était eau.

Du reste, l'imbibition des membranes n'est point nécessaire pour ces phénomènes; quelque sèche que soit la membrane placée au bout du sifflet, la communication n'en est pas moins très forte dès avant qu'elle ait pu s'imbiber d'eau. Ceci est applicable à la membrane de la fenêtre ronde chez les animaux pourvus d'une caisse du tympan.

II. *Les ondes sonores se transmettent de l'air à l'eau sans altération notable de leur intensité, alors même que la membrane tendue intermédiaire se trouve fixée par la plus grande partie de sa surface à un corps solide court, qui seul est en contact avec l'eau.*

Ce théorème explique l'action de la fenêtre ovale et de la plaque mobile de l'étrier qui la garnit, chez les animaux aériens dépourvus de caisse et de membrane du tympan, comme les bombinateurs et les ophidiens. Sur la membrane que j'avais tendue médiocrement à l'extrémité du sifflet, je collai un bouchon de liége qui avait six lignes de long et assez de largeur pour couvrir cette membrane jusqu'à une ligne du bord. Venais-je alors à plonger le bout du sifflet dans l'eau, et à tirer le son le plus grave, le conducteur, tenu dans le liquide, suivant la direction de l'instrument, transmettait ce son à mon oreille bouchée avec presque autant de force que quand le sifflet n'était fermé qu'au moyen d'une simple membrane. On remarque une différence dès que le conducteur ne se trouve plus dans la direction du sifflet et du bouchon; car alors le son devient beaucoup plus faible. Si, au contraire, on ferme entièrement l'extrémité du sifflet, en y introduisant un bouchon, si on la plonge dans l'eau, et qu'on fasse parler l'instrument, on n'aperçoit pas de renforcement dans la direction de ce dernier, et en pareil cas le même bouchon qui donnait lieu à une forte transmission de son lorsqu'il était limité et rendu mobile par un rebord membraneux, devient un obstacle à cette propagation.

Il suit de ces observations que les deux fenêtres, celle qui est bouchée par une

membrane, et celle qui est close par l'étrier mobile, sont de très bons conducteurs pour la transmission des ondes sonores à l'eau du labyrinthe.

Parmi les animaux aériens qui sont privés de caisse du tympan, les bombinateurs, les salamandres terrestres et les cécilies n'ont que la fenêtre close par un couvercle ; les ophidiens, au contraire, en possèdent deux.

B. Animaux aériens pourvus d'une membrane du tympan et d'osselets.

III. *Un petit corps solide, adapté à une fenêtre par un rebord membraneux qui lui permet une certaine mobilité, transmet les ondes sonores de l'air à l'eau (ou à l'eau du labyrinthe) beaucoup mieux que d'autres parties solides. Mais la transmission devient plus énergique encore lorsque le conducteur solide qui bouche la fenêtre est fixé au milieu d'une membrane tendue que l'air baigne des deux côtés.*

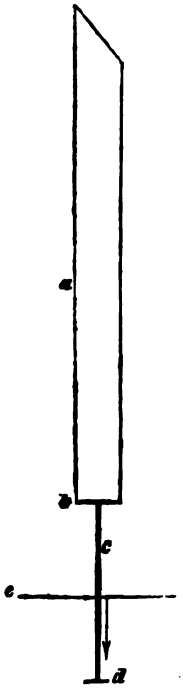
Les vibrations aériennes se transmettent difficilement à des corps solides, et elles ne le font jamais sans éprouver une diminution considérable de leur intensité. Mais une membrane est facilement mise en mouvement par elles. On sait déjà, par les expériences de Savart, que de petites membranes tendues, celle du tympan elle-même, rejettent le sable lorsqu'un son fort vient à être excité dans leur voisinage. On peut également démontrer d'une manière directe, par des expériences, qu'une membrane tendue conduit les ondes aériennes avec beaucoup plus de facilité que d'autres corps solides limités, et que, ce qui n'est pas moins essentiel, la transmission des vibrations d'une membrane tendue à des corps solides limités s'accomplit fort aisément. La membrane du tympan n'a point encore été considérée à ce point de vue, comme un intermédiaire entre l'air et les osselets de l'ouïe. Voici les expériences que j'ai faites.

Une membrane très mince de papier tendue sur un gobelet rejette facilement la poussière de lycopode à l'approche du diapason résonnant et par suite de la communication des vibrations aériennes, tandis qu'un corps solide de quelque épaisseur ne donne point lieu à ce phénomène. Mais la membrane tendue transmet aussi, avec plus de facilité ou de force, les vibrations que l'air lui communique, à des corps solides qui ne la touchent qu'en un seul point. Si l'on pose une lame de bois sur la peau d'un tambour, par un de ses bouts, et qu'on embrasse l'autre bout avec la main entière, celle-ci sent très distinctement les oscillations lorsque le diapason résonnant vient à être placé en liberté sur la peau. Mais, au milieu des mêmes conditions, la lame de bois, quand elle est isolée de la membrane, ne conduit que très faiblement les vibrations transmises par l'air. Dans l'expérience suivante, on évite la résonnance de l'air que renferme la caisse du tambour. En tendant un papier fort mince sur un anneau que l'on saisit d'une main, on perçoit les oscillations dès que l'on approche le diapason de la membrane ; la membrane étant enlevée, la main qui tient l'anneau ne sent plus les oscillations, même lorsqu'on approche beaucoup le diapason de ce dernier.

On peut, de la manière suivante, démontrer, d'une manière plus péremptoire encore, l'intensité de la transmission du son au moyen des osselets de l'ouïe par l'intermédiaire d'une membrane recevant les vibrations aériennes. A l'extrémité d'un sifflet *a*, long d'un pied, on tend une membrane mince *b*, par exemple un

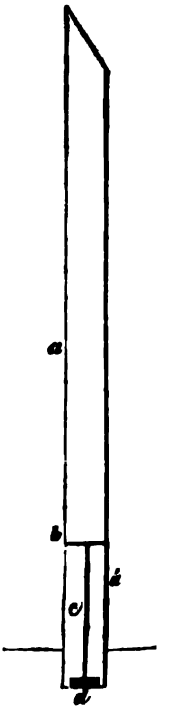
vessie de cochon, sur le milieu de laquelle on colle un petit morceau de liége supportant une tige mince de bois *c*, dont l'autre extrémité porte aussi un disque de liége *d*. On plonge le bout de la tige dans l'eau *e*, puis on fait rendre au sifflet le son le plus grave, ou l'un des sons moyens. Le conducteur (un tube de verre large d'un demi-pouce) étant tenu appliqué par un bout à l'oreille bouchée, et plongée par l'autre bout dans l'eau, le son est entendu avec une force extraordinaire dans une direction perpendiculaire à la plaque de liége, mais beaucoup plus faible dans les autres points du liquide. A l'aide de cette expérience, on peut aussi se convaincre que les plus fortes ondes suivent une direction longitudinale dans la tige; car, lorsqu'on approche le conducteur d'un des côtés de cette tige dans l'eau, on entend bien le son un peu plus fort; mais il est fort éloigné d'avoir la même intensité que celle qu'il possède dans une direction perpendiculaire à la plaque de liége *d*. Si, toutes choses égales d'ailleurs, on remplace la membrane par un bouchon de liége enfoncé dans le bout du sifflet, on ne distingue dans l'eau aucun renforcement du son suivant la direction de la tige, ou l'on n'en aperçoit qu'un très faible.

Fig. 166.



Le résultat est le même en tous points lorsqu'on imite la caisse du tympan en grand, et qu'on étudie la manière dont elle transmet le son de l'air à l'eau. *a* est le sifflet, et *a'* un tuyau de bois, qui peut être inséré dans le bout inférieur de l'instrument. Sur l'extrémité de ce tuyau qui regarde le sifflet, est tendue une membrane *b*, contre laquelle s'adosse la tige *c*. L'extrémité inférieure de cette tige est fixée à une plaque de liége *d*, collée sur une membrane tendue au bout du tuyau, mais disposée de telle manière qu'entre elles et les parois de celui-ci, il reste un rebord membraneux de la largeur d'une ligne. Le sifflet *a* représente le conduit auditif externe, par lequel les ondes aériennes sont amenées à la membrane du tympan *b*; l'espace plein d'air entre *c* et *a'* figure la caisse du tympan, et *cd* est l'étrier, mobile dans sa fenêtre. Si l'on plonge l'extrémité de l'appareil dans l'eau, et qu'on fasse parler le sifflet, on entend le son, dans la direction de l'étrier, avec autant de force que dans l'expérience précédente.

Fig. 167.



Les osselets de l'ouïe conduisent d'autant mieux les vibrations qui leur sont communiquées que ce sont des parties solides limitées par de l'air, et qui ne font pas corps avec les os du crâne; car tout corps solide limité transmet les ondes sonores avec plus de force à sa propre substance qu'à ses entourages, ce qui fait que la dispersion est tout aussi sûrement évitée qu'elle l'est, lorsqu'il s'agit de vibrations aériennes, dans la colonne d'air limitée d'un

uyau de communication. Les vibrations de la membrane du tympan parviennent onc, par la chaîne des osselets, à la fenêtre ovale et à l'eau du labyrinthe, toute ispersion des osselets à l'espace plein d'air de la caisse tympanique étant évitée par i difficulté avec laquelle la transmission se fait des corps solides aux fluides aéri- ormes. Comme la membrane du tympan, en sa qualité de corps tendu et limité, éfléchit elle-même les ondes par ses limites, et qu'ainsi il se produit sur elle es ondes de condensation croissantes, il faut aussi faire entrer en ligne de compte idée de résonnance. Les ondes fortifiées de cette manière agissent à leur tour sur i chaîne des osselets.

Il se présente maintenant une question, celle de savoir à quel genre appartien- ent les vibrations de la membrane du tympan; si ce sont des ondes d'inflexion, omme celles qui ont lieu dans les cordes vibrant en travers et dans les mem- ranes, ou des ondes de condensation. Lorsqu'une corde ou une verge reçoit un branlement dans la direction de sa longueur, il ne survient pas d'inflexions, mais eulement une progression de condensations et de raréfactions successives; mais, uand un corps suffisamment mince, une corde, une membrane, reçoit un ébran- ement dans une direction perpendiculaire à sa longueur ou à son plan, il se pro- uit des ondes d'inflexion qui, si le choc n'a lieu que sur un point du corps, vont t viennent du lieu de leur origine aux limites de ce corps, comme font les ondes le l'eau, ou, si le choc a poussé devant lui la largeur entière du corps, occasion- ent des inflexions transversales ayant lieu dans toute cette largeur. De pareilles ndes d'inflexion se forment-elles aussi dans des membranes conductrices du son, orsque le choc tombe perpendiculairement sur elles, ou bien ne se produit-il alors ue de simples condensations? Sans doute le sable et la poudre de lycopode sau- illent sur des plaques et des membranes minces vibrantes qui conduisent du son, t même, comme l'a montré Savart, sur la peau d'un tambour dans le voisinage uquel on fait éclater des sons très forts. Mais on ne peut pas conclure de là que e corps sur lequel ces substances se meuvent fait une vibration d'inflexion; car ne vibration de condensation pourrait également, comme choc, mouvoir des cor- uscules légers, et l'onde de raréfaction qui passe dans l'air peut aussi les entraîner ec elle. Les lignes nodales des plaques conductrices de son ne prouvent pas non lus des vibrations transversales; car un corps qui vibre par des ondes de conden- ation peut de même vibrer avec des nœuds, comme il arrive à l'air dans les sif- ets. Des cordes qui conduisent les sons d'une autre corde tendue auprès d'elles, e vibrent pas, du moins à la vue, par des ondes d'inflexion. Il ne suit pas non plus e là que celles-ci n'existent point; car on ne les voit pas quand les excursions 'ont point une amplitude suffisante. Mais le tambour fournit une preuve plus cer- ine de la possibilité de cette vibration dans une membrane conductrice de son. orsqu'on met une des peaux de cet instrument en vibration par un coup frappé essus, l'autre peau vibre très distinctement en travers, avec des excursions consi- érables. Les vitres des croisées sont également exposées, quand on tire le canon, être fléchies et même brisées par l'onde aérienne. Il ne s'agit donc que de con- aître l'intensité de l'ébranlement communiqué par les vibrations sonores, pour avoir si un corps membraneux tendu et conducteur de son fera des vibrations 'inflexion. Par conséquent, la possibilité de ces vibrations, dans la membrane du ympan, ne saurait être mise en doute, quoique le peu d'étendue de cette mem-

brane fasse que l'amplitude des excursions de ses inflexions soit toujours très considérable, même sous l'influence des sons les plus forts. Pour parler avec plus de précision, la membrane du tympan exécute des vibrations transversales. Toutes les fois que ses excursions, ou les mouvements progressifs communiqués à ses molécules par une onde condensante de l'air, sont plus considérables que son épaisseur; mais ce cas doit avoir lieu lorsque les chocs de l'air ont une grande force. Comme les osselets de l'ouïe sont articulés et disposés de telle manière que le rapprochement est possible entre leurs extrémités les plus distantes, les excursions de la membrane du tympan ne sauraient être troublées par la chaîne de ces petits os. Même chez les animaux qui ne possèdent qu'un seul osselet, comme les oiseaux et les reptiles écailleux, l'extrémité de cet osselet, celle qui s'unit à la membrane du tympan, est mobile. De là il suit encore que l'articulation des osselets de l'ouïe n'est pas une simple conséquence des muscles qui s'y insèrent, ce que d'ailleurs l'anatomie comparée démontre, puisque les osselets de la grenouille sont tout aussi bien articulés que ceux de l'homme, quoiqu'ils n'aient pas de muscles.

Une étude plus approfondie de la propagation des ondes sonores dans le libre espace de l'air fait voir cependant qu'il n'y a que les forts ébranlements qui puissent déterminer des vibrations d'inflexion dans la membrane du tympan. Si l'excursion des parties d'un corps qui produit du son, c'est-à-dire si l'ébranlement est assez considérable pour communiquer aux parties du corps ébranlant une vitesse aussi grande que la vitesse de propagation du son dans l'air, l'espace que les molécules aériennes conductrices du son parcourent dans un tuyau, quand l'onde traverse le lieu qu'elles occupent, a la même étendue aussi que l'excursion du corps qui donne le choc. Si la rapidité de l'impulsion n'est que la moitié de la vitesse du son dans l'air, l'excursion des particules vibrantes de l'air dans un tuyau n'est plus que la moitié de celle du corps d'où part l'impulsion. Cette excursion demeure d'ailleurs la même pour toutes les particules d'air que l'onde traverse. Ainsi en général, des vibrations d'inflexion n'ont jamais lieu plus facilement dans la membrane du tympan que quand le son, accompagné de grandes excursions du corps qui le conduit, se propage avec la même force, par un tuyau, jusqu'à cette membrane. Mais la propagation du son dans le libre espace de l'air implique une diminution progressive des excursions des particules vibrantes de l'air. Si l'épaisseur des ondes demeure la même, c'est-à-dire si l'espace compris depuis le commencement d'une onde jusqu'à celui de l'onde la plus prochaine, ne change point malgré l'accroissement de circonférence de l'onde qui se distend en forme de sphère, cependant l'excursion des particules à travers lesquelles cette onde passe diminue encore en raison des carrés des distances. Ainsi, par exemple, que l'excursion des particules vibrantes soit d'un pouce au voisinage immédiat du corps qui donne le choc ou produit le son, elle sera d'un quart de pouce à deux pieds, d'un neuvième de pouce à trois pieds, d'un seizième de pouce à quatre pieds, enfin à cent pieds d'un centième de pouce, ou moindre que l'épaisseur de la membrane du tympan. Il faut de plus prendre en considération, dans la membrane du tympan, la différence qui existe entre la vitesse de propagation et celle de l'air, comme aussi la résistance de ses attaches, d'où il doit s'ensuivre une progression bien moindre alors même que la particule d'air qui imprime le choc à cette membrane fait une excursion qui surpasse son épaisseur.

La vibration d'inflexion communiquée à la membrane du tympan par des ébranlements très considérables embrasse toute la largeur de cette membrane, lorsque les ondes de l'air rencontrent perpendiculairement celle-ci; si elles la rencontrent obliquement, de manière à en toucher une partie avant les autres, le mouvement saisira d'abord aussi sur ce point et s'étendra sur la membrane, de même que l'onde d'inflexion qui est excitée à l'extrémité d'une corde ou sur un seul point de la peau d'un tambour. Ces ondes auront un mouvement de va-et-vient entre les bords.

La disposition oblique de la membrane du tympan fait que cet effet doit avoir lieu, même quand les ondes sonores traversent le conduit auditif externe en ligne droite, ou quand les rayons sonores sont parallèles à son axe. Dans d'autres directions des ondes, il faut avoir égard à la réflexion par les parois du conduit, de laquelle dépendent la manière dont il se forme d'abord des ondes sur la membrane, et le point où elles s'y produisent en premier lieu.

Les mêmes lois s'appliquent à la propagation de simples ondes condensantes au travers de la membrane du tympan. Ou les ondes de l'air rencontrent cette membrane dans toute sa largeur à la fois, ou elles en frappent d'abord un seul point, et courent ensuite sur sa largeur, en suivant une direction déterminée par celle qu'elles avaient d'abord, et reviennent sur elles-mêmes pour former des ondes de condensation croissantes. Toutes les ondes qui sont amenées à la membrane du tympan par des parties solides, telles que le cartilage de l'oreille, les parois du conduit auditif, les os de la tête, sont naturellement aussi des ondes condensantes. La membrane du tympan devient aussi condensateur pour les ondes qui lui arrivent de parties solides quelconques.

Si l'onde de l'air est complexe, de manière que, pendant qu'elle marche, elle jette çà et là le maximum de sa condensation ou le sommet de sa protubérance, de même qu'une corde qui reçoit un choc à l'une de ses extrémités exécute ce mouvement en même temps qu'elle fait une vibration transversale, la membrane du tympan, qui partagera le même mouvement, produira aussi la modification du son qui en dépend, ou le timbre. La vibration d'inflexion de la membrane ressemblerait parfaitement en cela à celles de la corde dont il vient d'être parlé, les ondes condensantes deviendraient une onde condensante droite s'avançant à travers la membrane, avec un maximum de condensation et de raréfaction flottant à droite et à gauche. Il est facile de voir que ces sortes d'ondes complexes doivent également être conduites sans changement par les osselets de l'ouïe.

La nécessité de la présence de l'air au côté interne de la membrane du tympan, ou celle d'une caisse tympanique, ressort d'elle-même. Sans cette condition, la membrane du tympan et les osselets de l'ouïe ne pourraient remplir la destination qui vient de leur être assignée. Sans elle, les vibrations de la membrane ne seraient pas libres, et les osselets ne seraient pas isolés comme ils doivent l'être pour effectuer une transmission concentrée. Autant la membrane transmet avec facilité ses vibrations d'inflexion à l'air de la caisse du tympan, autant la substance solide des osselets les rend peu susceptibles d'abandonner leurs ondes à l'air de la cavité et de les y disperser. Mais il n'est pas moins nécessaire qu'une communication existe entre cet air de la caisse du tympan et l'air extérieur, par le moyen de la trompe d'Eustache, afin de rétablir l'équilibre de pression et de température entre l'air du dehors et celui du dedans.

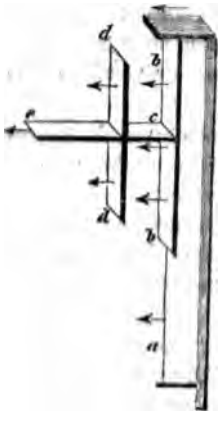
La propagation des vibrations à travers les osselets de l'ouïe, jusqu'au lab
ne peut naturellement avoir lieu que par des ondes condensantes, alors m
la membrane du tympan fait des ondes d'inflexion. Ce n'est pas l'étrier toi
qui, dans cette transmission, se rapproche et s'éloigne alternativement c
rinthe, car il faudrait pour cela que l'eau de celui-ci fût très compressi
excursions des particules vibrantes à travers lesquelles l'onde passe ne son
très petites fractions de la longueur de l'étrier.

Le manche du marteau reçoit les ondes de la membrane du tympan e
dans une direction qui lui est presque perpendiculaire. Les ondes conserv
cette direction dans toute la chaîne des osselets, quelle que puisse être la
relative de cette chaîne et de ses pièces constituantes. Du manche du
l'onde se propage d'abord dans la tête, qui fait angle avec lui, puis elle pa
l'enclume, dont la longue apophyse est presque parallèle au manche du m

Fig. 168.

et de cette apophyse de l'enclume elle arrive à l'étrier,
direction est perpendiculaire à la sienne. (V. la fig. 16
la membrane du tympan, *b* le marteau, *c* l'enclume, *d* l
Toutes les inflexions dans la situation des osselets de l
changent point la direction du choc. Celui-ci conserve l
direction qu'il avait en passant du conduit auditif à l
brane du tympan et au manche du marteau, de sorte que
qui est perpendiculaire à la membrane du tympan, épro
ébranlements longitudinaux, qu'il transmet à la fenêtr
C'est ce qui devient évident par les recherches de Sa
la transmission du son à travers des plaques solides qu
gnent à angle. Si l'on fixe la plaque *b* (fig. 169) sur le
d'une corde *a*, de manière qu'elle reçoive les vibrations
corde, elle entre, comme celle-ci, en vibrations transv
Une plaque *c* perpendiculairement établie sur elle exécute des vibrations l
dinales, c'est-à-dire dans le même sens que celles de la plaque *bb*. Les vil

Fig. 169.



de la plaque *dd* sont de nouveau transversales, qua
même repose perpendiculairement sur la plaque *e*,
celles de la plaque *dd*, perpendiculaire à la préc
sont longitudinales. Savart a démontré le fait par la
tion suivant laquelle la poussière est lancée. La d
des vibrations a été indiquée par des flèches dans la
En comparant cette figure à celle des osselets de l'ou
la précède, on ne peut méconnaître l'analogie qu
entre elles. La corde *a* de la figure de Savart est
rable à la membrane du tympan ; la plaque *bb*, fi
le chevalet, représente le manche du marteau, qui,
à tendre la membrane elle-même, en est aussi le ch
la plaque *c* correspond à la tête du marteau, la pla
à la longue apophyse de l'enclume, et la plaque *e* à l

C. Tension de la membrane du tympan.

IV. *Une petite membrane conduit moins bien le son quand elle est fortement tendue que lorsqu'elle l'est peu.*

La question de savoir si la membrane du tympan conduit mieux le son dans son état de relâchement que dans celui de tension peut s'étendre à toutes les membranes en général. Ici on doit tout de suite établir une distinction entre consonnance, résonnance et intensité de la transmission du son. Quant à ce qui concerne la consonnance, un corps élastique par tension en est susceptible lorsqu'il est tendu, et n'a plus cette aptitude lorsqu'il est détendu. Une corde tendue a, en certaines circonstances, l'aptitude à émettre le son qui lui est propre sous l'influence d'une corde vibrante, et, en général, elle est susceptible de résonnance. La peau tendue d'un tambour fortifie le son d'un diapason posé à sa surface, bien plus que ne fait une membrane flasque. Mais, pour qu'un corps donne son propre son fondamental par consonnance, il doit être constitué de manière que le son fondamental qu'il rend soit à l'unisson avec le son primitif, ou du moins soit dans un rapport simple avec ce dernier; autrement il ne fait que résonner, sans produire le son qui lui appartient en propre.

La force de la résonnance dépend aussi, toutes choses égales d'ailleurs, de la disposition d'un corps et de son rapport avec le son primitif. Si l'on tient un diapason sur l'ouverture de tuyaux de carton de longueurs diverses, la résonnance de la colonne d'air est d'autant moins considérable que le son fondamental de cette colonne diffère de celui du diapason, de sorte que c'est à une certaine longueur du tuyau que la résonnance a le plus d'intensité. Si la longueur de la colonne d'air est telle que le son fondamental de cette colonne soit égal au son primitif, il y a consonnance, et la résonnance aussi est forte, d'après Wheatstone, quand la longueur de la colonne d'air est un multiple de celle de la colonne d'air qui donne le même son fondamental que le diapason: car alors il peut se produire des nœuds de vibration dans le corps conducteur du son. On peut, en versant de l'eau dans un vase de verre, le disposer de telle manière qu'il rende fortement ou faiblement le son du diapason. Ceci appliqué aux cordes et aux membranes, il est bien certain qu'une corde ou une membrane absolument dépourvue de tension est incapable de résonnance, ou qu'elle en est moins susceptible qu'une corde, qu'une membrane tendue. Mais la tension ne pourra pas croître en raison directe de la résonnance; elle sera au plus haut degré, la masse du corps tendu demeurant la même, lorsque le son fondamental de ce corps sera à l'unisson du son primitif.

L'application ne serait pas très facile à des membranes aussi petites que celle du tympan. Mais ce qui a beaucoup plus d'importance ici, c'est de savoir si l'intensité de la transmission de l'air à la membrane croît ou diminue avec la tension de cette dernière.

Savart est le premier, et jusqu'à présent il a été le seul, qui se soit occupé de résoudre ce problème par la voie de l'expérience. Il a observé qu'à l'approche d'un corps qui produit un fort bruit, une membrane sèche fait sauter plus haut le sable répandu à sa surface, quand elle est lâche que quand elle est tendue, et il a conclu de là que l'ouïe s'émousse lorsque la tension de la membrane du tymp

vient à augmenter (1). Il a remarqué le même effet lorsqu'il tendait davantage une membrane par le moyen d'un levier pesant sur elle. J'ai produit ce phénomène en

Fig. 170.

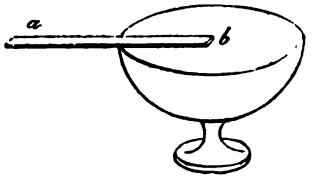
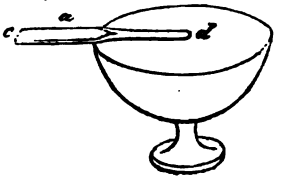
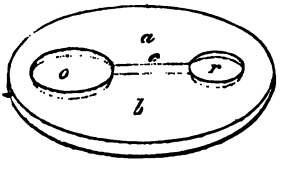


Fig. 171.



tendant du papier sur un gobelet. Cependant la force du mouvement donné au sable ne prouve pas avec certitude que l'intensité des ébranlements soit plus considérable. Muncke fait observer que le sautillement du sable peut seulement, sans provenir de l'intensité des tremblements, dépendre de leur amplitude plus grande, et que le levier employé pour opérer la tension forme, dans la membrane, un nœud qui diminue la largeur des parties vibrantes. L'exactitude de la conclusion tirée par Savart a aussi été mise en doute par Fechner. Dans un tel état de choses, il m'a paru d'un grand intérêt de faire des expériences directes sur la faculté conductrice de petites membranes tendues et non tendues, en me servant de ma propre ouïe pour mesurer l'intensité de la transmission du son.

Fig. 172.



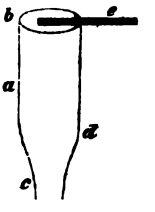
Un tuyau de bois *a*, dont la lumière a huit lignes de diamètre, et dont la longueur est de quatre pouces, s'allonge, à l'un de ses bouts, en un col plus étroit *c*, ayant une disposition telle qu'on puisse l'engager profondément et solidement dans le conduit auditif externe. Ce bout rétréci est ouvert. L'autre bout *b* est garni d'une membrane lâche. Sur la membrane est collée une petite règle mince *e*,

(1) Figures 170 et 171. A une membrane tendue sur un vaisseau est attachée une pièce de bois, de grosseur uniforme, de sorte que la partie adhérente s'étend de la circonférence au centre de la membrane, tandis que la portion libre dépasse la circonférence. Quand un morceau de verre en vibration est mis près de la membrane, des figures très régulières sont produites, modifiées toutefois par l'adhérence de la pièce de bois; et les vibrations de la membrane sont communiquées au bois, sur lequel des figures pareillement régulières peuvent être produites.

Figure 172. Sur un disque de bois *ab*, d'épaisseur suffisante, Savart creuse deux cavités *o* et *r*, qui communiquent à leurs fonds par un canal étroit *c*, creusé dans le bois, mais non ouvert à sa surface. Une membrane mince est étendue sur chacune des cavités. Ainsi, l'air contenu dans ces cavités peut passer aisément de l'une à l'autre, et peut toujours maintenir le même degré de tension élastique dans les deux. Si un verre vibrant est placé près de la membrane *r*, couverte d'une couche de sable, on verra cette membrane entrer librement en vibration, comme le montrent les mouvements des grains de sable. Si maintenant on presse sur *o* avec le doigt, *r* deviendra convexe d'autant plus que *o* deviendra concave par la pression; et, quand cet état convexe est produit, les mouvements du sable y seront beaucoup moins considérables qu'auparavant, présentant un effet précisément semblable à celui qui est produit sur la membrane du tympan par un accroissement de tension.

: de deux lignes, qui s'étend jusqu'au delà de son milieu, et dont le bout le long se trouve libre en dehors. A l'endroit où la règle repose sur le bord du n couvert de la membrane, elle y est fixée par une ligature, ce produit une articulation. Si l'on élève l'extrémité *e*, l'autre qui repose sur la membrane s'enfonce, déprime cette membe et la tend. Ainsi l'appareil représente, en général, les disions naturelles de la membrane du tympan, et la règle peut considérée comme figurant le marteau. En fixant le bout rédе cet appareil dans une oreille et bouchant bien l'autre avec boulette de papier mâché, il devient facile de comparer l'inté de la transmission du son suivant le plus ou moins de on. Une très petite ouverture pratiquée au tuyau en *d* permet de faire er aussi en ligne de compte l'influence de la trompe d'Eustache, et de re l'air de l'intérieur du tuyau en communication avec l'air extérieur. Cepenle résultat est le même au fond, et il vaut mieux se passer ici de l'ouverture *d*, e qu'il pourrait se faire qu'elle livrât passage à des ondes sonores, qui ainsi treraient dans l'intérieur du tuyau et arriveraient à l'oreille sans traverser la ibrane.

Fig. 173.



ai observé le même résultat dans tous les cas. La transmission du son était icoup plus intense quand la membrane était lâche, que quand je la tendais en evant la règle. On peut employer une montre de poche pour corps générateur on. Cependant tout bruit quelconque frappe l'ouïe avec plus de force quand la ibrane est lâche, et la diminution de sa vivacité croît en raison directe de la ion de cette dernière.

n peut aussi tendre davantage sa propre membrane du tympan, et éprouver i la même influence.

y a deux manières de tendre davantage la membrane du tympan sur le ca-e, abstraction faite de la traction du marteau. L'une consiste à raréfier l'air i la cavité du tympan, en l'aspirant par la trompe d'Eustache, l'autre à conser ce même air, en soufflant dans la trompe. Dans le premier cas, la mem-ie est repoussée de dehors en dedans, et, dans le second, elle l'est de dedans lehors, sans que, dans ce dernier cas, le manche du marteau cède, de sorte le milieu de la membrane du tympan conserve sa situation même lorsqu'il y a t vers le dehors.

ien n'est plus facile que de pratiquer ces deux modes de tension sur le vivant, soi-même. Il faut pour cela se boucher le nez et fermer la bouche, puis faire expiration forte et soutenue, ou bien distendre la poitrine, d'une manière ement forte et soutenue, par le mouvement d'inspiration. Dans le premier cas, condensé pénètre avec bruit dans la caisse du tympan, et au moment même ntend mal. La même dureté d'ouïe a lieu quand la membrane vient à être lue de dehors en dedans par l'effet de l'inspiration. Wollaston est le premier ait observé ce phénomène. La dureté d'ouïe, comme dans le second cas, per-e même après qu'on a ouvert la bouche, parce que le collapsus des parois des npes d'Eustache qui a été déterminé par l'inspiration précédente ne permet pas équilibre de se rétablir; on a aussi l'occasion de remarquer que même sa pr t est moins bien entendue lorsque la membrane du tympan éprouve une

sion plus considérable. Quand j'ai rendu la tension de la membrane plus grande par la condensation de l'air de la caisse du tympan, il arrive ordinairement qu'en ouvrant la bouche ou débouchant le nez, l'équilibre renaît promptement entre l'air de la caisse et celui du dehors, de sorte qu'en général l'ouïe se rétablit sur-le-champ ; mais il arrive aussi quelquefois que le rétablissement a lieu d'une manière graduelle. Lorsqu'au contraire c'est en raréfiant l'air de la caisse du tympan que j'ai procuré plus de tension à la membrane, la dureté d'ouïe dure presque toujours fort longtemps, et pendant toute sa durée je sens très distinctement que mon tympan est tendu. Dans les deux cas, si la dureté d'ouïe et le sentiment de tension de la membrane ne se dissipent pas d'eux-mêmes à l'ouverture de la bouche, je puis les faire disparaître par un mouvement particulier dans l'oreille, que je démontrerai plus tard être un mouvement volontaire du muscle tenseur du tympan. Il est vraisemblable que, si les parois affaissées des trompes d'Eustache s'écartent, cela tient à une légère compression que la traction de la membrane par son muscle tenseur exerce sur l'air de la caisse du tympan. Celui qui ne peut pas exécuter ce mouvement du muscle tenseur du tympan parvient sans peine à se débarrasser de la dureté d'ouïe produite par l'une des deux méthodes en ayant recours au moyen inverse : si elle a été déterminée par le rejet de la membrane en dehors, il suffit de faire une forte inspiration en se bouchant le nez et la bouche; dans le cas contraire, c'est à une forte expiration qu'il faut recourir.

Si l'air extérieur est très condensé, sans que celui de la caisse du tympan puisse se mettre aussitôt en équilibre avec l'atmosphère, à cause de l'application exacte l'une contre l'autre des parois des trompes d'Eustache, la membrane du tympan est naturellement rejetée en dedans, elle éprouve une tension plus grande, et il y a alors dureté de l'ouïe. C'est ainsi, selon moi, qu'on doit expliquer l'énigmatique observation faite par Colladon dans la cloche du plongeur, où il n'entendait que faiblement et la voix de ses compagnons et la sienne propre. On ne saurait se rendre raison du fait en admettant, comme l'ont fait quelques personnes, que la transmission du son s'opère moins bien lorsque l'air extérieur est condensé, car il est constant que l'air condensé conduit mieux le son.

La dureté d'ouïe qui provient d'une plus grande tension de la membrane du tympan n'est pas générale pour les sons aigus et pour les sons graves en même temps. Wollaston a observé que, quand il accroissait la tension de son tympan, en raréfiant l'air de la caisse, il ne devenait sourd que pour les sons graves. S'il frappait du bout du doigt sur une table, la planche donnait un son grave sourd; mais, s'il se servait de l'ongle, il entendait un son plus aigu et plus pénétrant : après avoir raréfié l'air dans la caisse de son tympan, il n'entendait que ce dernier son et ne percevait pas l'autre ; le bruit sourd et grave d'une voiture n'était plus perçu, tandis que celui des chaînes et des autres pièces de fer de l'attelage l'était parfaitement. Ces expériences sont exactes, et je crois qu'avec un peu d'exercice, chacun pourra s'en convaincre sur soi-même. Du reste, il est à remarquer que la tension de la membrane du tympan par condensation de l'air produit le même résultat. Le bruit sourd d'une voiture qui passe sur un pont, celui du canon tiré au voisinage de mon habitation, celui enfin des tambours éloignés, s'effacent instantanément lorsque mon tympan vient à être tendu de l'une ou de l'autre manière, tandis que j'entends très bien le piétinement des chevaux et le craquement du papier. L'effet

quable à l'égard du tic-tac d'une montre placée à huit pieds de moi ; e tout aussi bien et peut-être même mieux que dans l'état ordinaire ympan est tendu, tandis que cette tension étant instantanément pour raits sourds de la rue.

on de ces phénomènes ne présente aucune difficulté d'après ce qui ; le tympan est tendu, plus le son fondamental de cette membrane et qu'elle pourrait donner avec des nœuds de vibration s'élèvent ; mais n pouvoir de consonnance, relativement aux sons graves, diminue, st homologue au son propre du tympan très tendu, plus on l'entend raque la tension de cette membrane augmente.

ente une application à la pathologie. Il n'est pas très rare que les per- t l'oreille dure n'aient perdu que la faculté d'entendre les sons graves, s conservent celle d'entendre les sons aigus, quoique, d'ailleurs, elles eux-ci plus faiblement. Un de mes collègues à l'Université, qui a , entend les sons aigus mieux que les sons graves. Dans un pareil cas, n de penser que la membrane du tympan est trop tendue. Cette cir- ut acquérir de l'importance pour le diagnostic si obscur des maladies a tension trop grande du tympan peut naturellement être produite de nières différentes : d'abord par obturation de la trompe d'Eustache, laquelle, l'air se dilatant sous l'influence de la chaleur du corps, ou e résorption partielle, la membrane éprouve une forte tension, soit ait en dedans ; ensuite par contraction du muscle tenseur : chez mon trompe est libre, puisqu'il conserve la faculté de faire passer de l'air du tympan. On conçoit que la perforation de la membrane du tympan ysse mastoïde serait utile dans le premier cas, tandis qu'elle ne servi- ns le second. C'est peut-être ainsi qu'on doit expliquer en partie les ivers que cette opération a entraînés (1).

ue prend le muscle tenseur du tympan aux modifications de l'ouïe se ard'hui d'après les principes que j'ai posés.

ut admettre comme une chose très probable qu'à l'occasion d'un son muscle entre en action par l'effet d'un mouvement réflexe, de même is et le muscle orbiculaire des paupières lors d'une impression de vive, attendu que l'irritation est transmise des nerfs sensoriels au cer- cerveau aux nerfs moteurs, il devient évident que, quand un bruit très e l'oreille, le muscle tenseur du tympan peut assourdir l'ouïe par son réflexe, puisqu'un son intense provoque déjà, par un effet de réflexion, it des paupières, et même la contraction convulsive, le tressaillement nombre de muscles, chez les personnes qui ont le système nerveux ionnable. L'hypothèse n'a donc rien que de probable (2). Quand, par

t très fort, comme celui du canon, lorsqu'il éclate au voisinage de l'oreille, peut l produire un son propre de la membrane du tympan par l'effet d'une dépression ère. C'est du moins ce que je crois avoir remarqué en moi. Le bruit du canon me m même temps une secousse analogue à celle que l'on entend lorsqu'en ternuant la ouchant le nez, on tend subitement la membrane du tympan de dehors en dedans .

UBERT-VALLEROUX, *Mémoire sur le catarrhe de l'oreille et sur la surdité* , 1845, in-8°.

une cause quelconque, le muscle tenseur du tympan imprime davantage de tension à cette membrane, l'aptitude à entendre les sons graves doit, en outre, diminuer plus que la faculté de percevoir les sons aigus.

Ici on se demande si ce muscle est soumis à l'empire de la volonté. Mes observations m'ont appris que le muscle interne du marteau et celui de l'étrier se comportent au microscope comme tous ceux de la partie animale du corps c'est-à-dire que les faisceaux primitifs portent des stries transversales régulières. Quant à ce qu'on appelle les muscles externe et antérieur du marteau, auxquels on attribue pour usage de relâcher le tympan, ce ne sont point des muscles. Je n'ai pu reconnaître dans l'externe aucun des caractères propres aux muscles, et qui sont si prononcés dans l'interne : ce n'est qu'un simple ligament. Mais les deux muscles réels des osselets de l'ouïe appartiennent, sans le moindre doute, au système animal. A la vérité, les muscles du système vasculaire, le cœur et les cœurs lymphatiques, ont aussi des rides transversales, et ce caractère n'est point exclusif aux muscles qui proviennent du feuillet extérieur de la membrane proligère, puisqu'on le retrouve également dans ceux qui émanent du feuillet médian, ou de la couche vasculaire, de cette membrane; mais les muscles organiques des viscères sont constamment dépourvus de stries transversales sur les faisceaux primitifs de leurs fibres. Comme, en outre, les petits muscles de l'oreille externe sont soumis à la volonté (je les contracte manifestement, surtout celui de l'antitragus), il n'y a pas de motif pour refuser de placer ceux de la caisse du tympan dans la même catégorie. Enfin, on peut alléguer en faveur de ce rapprochement l'origine de la corde du tympan, qui naît du nerf ptérygoïdien interne, et celle du nerf de l'étrier, qui provient du nerf facial.

Fabrice d'Aquapendente enseignait déjà que le muscle interne du marteau obéit aux ordres de la volonté. Il disait pouvoir agir à son gré sur ce muscle, parce qu'il avait la faculté d'exciter à volonté du bruit dans son oreille. Il ne lui était possible que de déterminer le mouvement dans les deux oreilles à la fois. Mayer connaissait un homme qui était tellement maître du mouvement de ses osselets d'ouïe, qu'on entendait distinctement ces petits os crépiter lorsqu'on accolait l'oreille à la sienne (1). Je possède cette faculté dans les deux oreilles, mais plus prononcée dans la gauche, et je puis même restreindre l'influence de ma volonté à n'agir que du côté gauche. Le bruit consiste en un craquement, semblable au petillement de l'étincelle électrique, ou au son qui se fait entendre lorsqu'on appuie le bout du doigt enduit d'une substance visqueuse sur du papier et qu'on le retire brusquement. Si quelqu'un se bouche l'oreille et la met en communication avec la mienne au moyen d'une verge, il entend ce craquement. On le discerne encore en appliquant son oreille libre sur la mienne, et même à une certaine distance, jusqu'à un ou deux pieds. Une personne le discernait, sans conducteur et sans bouchon dans les oreilles, à une distance de trois pieds, lorsque mon oreille était placée dans la direction de la sienne; à chaque mouvement que je produisais dans mon tympan, elle indiquait le résultat. Il me reste maintenant à prouver que ce bruit est réellement occasionné par la contraction du muscle interne du marteau et par l'action de ce muscle sur la membrane du tympan, qu'il tire en dedans, produisant ainsi un

(1) Lincke, *Handbuch der Ohrenheilkunde*, t. I, p. 472.

semblable à celui qui résulterait d'un choc communiqué du dehors. Ce qui l'an-
e déjà, c'est que, quand je pousse de l'air par la trompe d'Eustache, après
· fermé la bouche et m'être bouché le nez, outre le bruissement dû à l'effort
et air contre la membrane du tympan, j'entends parfois aussi le craquement
n'est si bien connu, et je l'entends au moment où je cesse d'exercer la pres-
, c'est-à-dire quand la membrane revient à sa situation première. Ce son peut
ment être entendu par une autre personne. L'examen de la cavité buccale
lant que je produisais le craquement volontaire dans l'oreille me parut devoir
r un intérêt particulier. En contemplant la bouche et l'arrière-bouche à l'aide
miroir, je vois que je fais mouvoir en même temps les muscles supérieurs du
is, puisque le voile du palais ne manque jamais de s'élever. Ceci conduirait à
er que le bruit dépend de ce que l'élévation du voile du palais détermine un
ant d'air vers les orifices des trompes d'Eustache. Mais la conjecture est fausse;
je puis élever le voile du palais autant qu'il est permis de le faire, sans que le
t se fasse entendre. Par exemple, lorsque je chante, la bouche largement
erte devant un miroir, je vois le voile du palais s'élever autant que possible dans
ons aigus, même dans les légers sons de fausset, et cependant le bruit n'a pas
dans mes oreilles; mais j'ai la faculté de le produire à volonté pendant cette
ation du voile. Ceci réfute en même temps l'objection que je m'étais faite
ord, celle que, en raison de l'origine des muscles supérieurs du palais, leur
traction fait naître, de la portion cartilagineuse des trompes d'Eustache, par la
sion qu'elle exerce sur ces conduits, un son qui se transmet à l'organe auditif:
e idée était déjà renversée d'ailleurs par le fait que je ne suis pas le seul qui
ende le mouvement, puisque d'autres peuvent aussi distinguer, à plusieurs pas
distance, le craquement qu'il détermine. Ce mouvement paraît donc être une
traction volontaire du muscle interne du marteau.

ndépendamment du craquement, je produis encore, à volonté, un second son
s l'organe auditif, et cela des deux côtés. C'est un bourdonnement, qui peut
er une seconde et davantage. Il a lieu aussi avec élévation du voile du palais, et
ait réellement dépendre de la contraction des muscles palatins. Il se manifeste
lquefois quand je bâille, ou que j'éprouve des éructations, même lorsque ces
nomènes résultent d'un acte de ma volonté. Parmi les mouvements qui pro-
ent le craquement comme mouvement d'association, je citerai chez moi la
lutition; mais il n'accompagne pas toujours et nécessairement cette dernière.
reste, pendant que je produis un son craquant, je n'entends pas moins net-
ent d'ailleurs, tandis que le bourdonnement, qu'il faut bien distinguer de ce
, trouble l'audition.

Jne contraction involontaire du muscle interne du marteau doit déterminer un
it dans l'oreille. Plus d'une personne sans doute en aura entendu de semblable.
a manière d'agir du muscle de l'étrier dans l'audition est inconnue. Il tire
elet de manière que sa plaque devienne oblique dans la fenêtre ovale; car elle
nfonce un peu plus dans cette dernière du côté de la traction, et en sort d'autant
l'autre côté. Le seul effet qu'on pourrait lui attribuer, d'après ce mode d'action,
ait, à mon avis, de tendre la membrane qui unit la plaque de l'étrier avec la
nêtre.

D. Fenêtre ovale et fenêtre ronde.

La transmission par deux fenêtres n'est point une condition indispensable pour entendre, chez les animaux aériens pourvus d'une caisse tympanique; car, ainsi que le prouvent les expériences précédemment rapportées, le son peut se communiquer avec intensité à l'eau tant par une membrane tendue (tympan secondaire), que par un corps solide mobile qui se trouve uni à une membrane tendue. L'anatomie comparée nous en fournit effectivement la preuve; car les grenouilles, bien qu'elles soient pourvues d'un tympan complet d'ailleurs, n'ont point de fenêtre ronde, et chez elles la transmission ne s'accomplit que par la chaîne des osselets. Dans ce cas, l'air de la caisse tympanique entre à peine en ligne de compte comme conducteur, puisqu'il ne peut pas communiquer ses ondes avec quelque intensité aux parties solides de l'organe auditif. Il sert principalement à isoler les osselets et la membrane du tympan.

Lorsque les deux fenêtres existent concurremment avec une cavité tympanique, elles occasionnent deux transmissions des ondes sonores à l'eau, l'une par des corps solides, l'autre par une membrane, et mes expériences prouvent que toutes deux ont de l'intensité. Cette disposition doit naturellement fortifier l'ouïe; car alors l'eau du labyrinthe reçoit de deux points placés l'un à côté de l'autre des ondes circulaires, qui de plus produisent par leur croisement des condensations ou des protubérances plus considérables aux endroits de la décussation.

On se demande ici laquelle des deux transmissions est la plus forte, ou de celle qui va de la membrane du tympan à la fenêtre ovale par la chaîne des osselets, ou de celle qui va de la membrane du tympan à l'eau du labyrinthe par l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde.

Jusqu'à présent ce problème n'a guère été résolu que par des hypothèses arbitraires. Les uns disent qu'il n'y a point de transmission par les osselets de l'ouïe, et ils se fondent sur l'exemple des personnes qui ont continué d'entendre après avoir perdu ces petits os, comme l'ont observé A. Cooper (1), et avant lui Caldani, Cheselden. D'autres nient la transmission par la fenêtre ronde, attendu qu'il résulte de faits nombreux que la destruction et la perte des osselets de l'ouïe abolissent la faculté d'entendre (2). Il ne convient pas d'admettre un mode exclusif de transmission, puisque chaque partie douée du pouvoir conducteur accomplit ce que les lois de la physique lui permettent de faire. Il ne peut donc être question ici que d'une simple différence en plus ou en moins. Muncke, à qui l'on doit une revue critique des diverses opinions et de leurs fondements respectifs (3), admet une transmission plus énergique par les osselets de l'ouïe.

Voici comment ce physicien raisonne. Supposons qu'une personne voulût tenir deux montres dont le tic-tac serait égal à une même distance de son oreille, mais l'une jointe à cette dernière par une verge osseuse, et l'autre suspendue librement dans l'air. De toute évidence, elle entendrait l'une parfaitement, et n'entendrait pas du tout l'autre. Il suffit de se rappeler une expérience bien connue, celle de

(1) *Philos. Trans.*, 1801.

(2) Haller, *Elem. physiol.*, t. V, p. 285. — Lincke, *loc. cit.*, p. 465.

(3) Dans Kastner, *Archiv fuer die gesammte Naturlehre*, t. VII, p. 1.

:e avec laquelle on entend les sons d'une cuiller suspendue à un fil qui la fait uniquer avec l'oreille, tandis qu'on n'entend point du tout ces sons lors- sont conduits par l'air. Mais ce cas, qui tendrait à prouver l'intensité plus e de la transmission par la chaîne des osselets, n'a point une parfaite ressem- : avec ce qui a lieu pendant la transmission du son par la caisse du tympan. ndes sonores primaires des corps solides se rendent, sans nul doute, avec l'intensité possible, immédiatement à la verge solide qui touche l'oreille, et e à celle-ci; mais elles sont conduites faiblement lorsqu'elles ont l'air pour icteur. Il n'y a qu'un son excité primairement dans l'air qui se propage avec oup plus d'intensité de cet air à l'air, que de l'air à une verge solide. Dans problème, il s'agit de savoir si les ondes sonores qui sont nées dans l'air ou il ont été communiquées, et qui arrivent par l'air à la membrane du tympan, onduites plus facilement de cette membrane aux osselets ou à l'air de la caisse, s facilement des osselets à l'eau du labyrinthe directement, ou de l'air de la à cette même eau par l'intermédiaire du tympan secondaire.

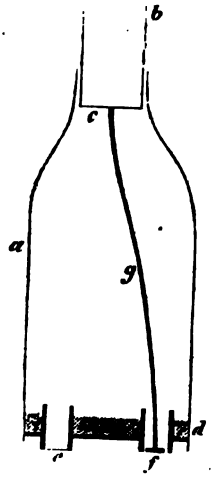
question peut également être posée ainsi : quel est le système qui, l'air étant nt de départ, diminue le moins l'excursion des parties vibrantes, ou de celui lequel la transmission a lieu de l'air à une membrane tendue, puis de cette brane à un corps solide limité et mobile, enfin de ce corps à de l'eau, ou de qui a lieu de l'air à une membrane tendue, puis de celle-ci à de l'air, de cet une autre membrane tendue, et de cette dernière membrane à de l'eau? Les iences que j'ai faites à ce sujet établissent très positivement le fait suivant :

Des vibrations qui passent de l'air à une membrane tendue, de celle-ci à arties solides, limitées, librement mobiles, et de ces parties à de l'eau, se muniquent avec beaucoup plus d'intensité au liquide, que des vibrations qui nt de l'air à une membrane tendue, puis à de l'air, puis encore à une mem- tendue, et en dernier lieu à de l'eau; ou, en appliquant ce théorème à la du tympan, les mêmes ondes aériennes agissent avec beaucoup plus d'in- é sur l'eau du labyrinthe après avoir traversé la chaîne des osselets et la e ovale, qu'après avoir traversé l'air de la cavité tympanique et la membrane fenêtre ronde.

nitai de la manière suivante le double appareil conducteur de la caisse du m. Un cylindre de verre *a*, ayant deux pouces et demi de diamètre, sur six s de long, s'allonge, à l'une de ses extrémités, en un col, à l'orifice duquel te parfaitement le tuyau de bois *b*, dont la lumière a huit lignes de diamètre. ut extérieur *b* s'adapte exactement à l'extrémité d'un sifflet de laiton d'un Le bout intérieur est revêtu d'une membrane tendue *c* (vessie de cochon), présente la membrane du tympan, pendant que *b* figure le conduit auditif ne. Le cylindre de verre a son ouverture la plus large close par une plaque e de liége *d*; sa capacité intérieure représente la caisse du tympan. Dans trous dont la plaque de liége est percée, et qui sont situés à égale distance de conférence du cylindre, s'adaptent parfaitement de petits et courts tuyaux de dont la lumière a trois ou quatre lignes de diamètre. Ces deux petits tuyaux bouchés par une membrane à leur extrémité extérieure. Ils représentent les fenêtres. La membrane de l'un deux seulement, *f*, est mise en communi- n, par une petite verge *g*, avec la membrane supérieure qui garnit le com-

mencement du cylindre *c*. Cette petite verge de bois, qui figure la chaîne des osselets de l'ouïe, ne touche la membrane supérieure, ou le représentant de la membrane du tympan, qu'à sa partie moyenne; mais elle touche la membrane inférieure, ou celle du petit tuyau *f*, dans la plus grande partie de son étendue, attendu qu'elle s'étale là en une plaque qui n'est qu'un peu plus petite que la membrane tendue sur le tuyau *f*. La petite verge est serrée entre les membranes, qu'elle tient toutes deux légèrement tendues. Ainsi le petit tuyau *e* est la fenêtre ronde, avec le tympan secondaire, et le petit tuyau *f* est la fenêtre ovale. Si l'on tient l'extrémité inférieure de l'appareil dans l'eau, qu'on place le sifflet sur le tube *b*, et qu'on le fasse parler, la transmission du son jusqu'à l'eau figure exactement sa double transmission depuis la membrane naturelle du tympan jusqu'à l'eau du labyrinthe. La membrane qui représente celle du tympan *c* reçoit des ondes, qui se propagent tant par la verge *g* à la fenêtre ovale *f*, que par l'air du récipient, ou de la caisse tympanique, à la membrane de la fenêtre ronde *e*, et passent en même temps dans l'eau. Si on laisse un vide à l'endroit où la grande plaque dans laquelle sont percées les fenêtres s'unit avec le cylindre de verre, entre le bord de ce dernier et le liége, et qu'on tienne l'extrémité inférieure de l'appareil dans l'eau, de telle manière que les fenêtres touchent l'eau, mais que le vide dont il vient d'être question soit dans l'air, l'air intérieur communique avec celui du dehors pendant la transmission, et l'on a une imitation de la trompe d'Eustache; mais le résultat est absolument le même quand cette communication n'existe pas.

Fig. 174.



Maintenant, l'expérimentateur qui s'est bouché les deux oreilles, dont l'une communique avec l'eau par le moyen d'un conducteur, peut, tandis qu'une autre personne souffle dans le sifflet, juger, d'après ses propres sensations, de l'intensité des ondes qui arrivent au liquide par les deux fenêtres. La différence est très considérable. Les ondes transmises de la membrane du tympan à l'eau par la baguette ont une intensité infiniment supérieure à celle des ondes que les mêmes vibrations de la membrane tympanique envoient au liquide par l'air du réservoir et la membrane du tympan secondaire. On entend les forts sons de la fenêtre ovale jusque dans l'espace situé au-devant de la fenêtre ronde. En conséquence, pour observer isolément la part bien faible que cette dernière fenêtre prend à la transmission, il est nécessaire de retirer la verge de l'appareil, ou de fermer tout à fait l'ouverture qui correspond à cette fenêtre, en y adaptant un bouchon. Alors on remarque que la transmission à travers la membrane de la fenêtre ronde n'est que de peu de chose plus forte que celle à travers les parties solides de la plaque de liége.

Il peut se faire que les ondes du même son transmises à travers les deux fenêtres diffèrent non seulement eu égard à l'intensité, mais encore, jusqu'à un certain point, eu égard à la qualité ou au timbre. Les ondes qui parviennent à la fenêtre ronde demeurent des ondes aériennes jusqu'à la membrane de cette fe-

nètre ; celles des osselets de l'ouïe sont des ondes de corps solides. Or on sait qu'un même son varie de timbre, suivant les corps qui résonnent. Quelle différence n'y a-t-il pas, par exemple, entre le son d'un diapason, suivant qu'on le laisse résonner librement dans une soucoupe pleine d'air, ou qu'on le tient auprès des parois de cette soucoupe ? Quelle différence aussi n'offre pas le son d'une cloche qui résonne dans l'eau, suivant qu'on le perçoit à l'aide d'un conducteur plongé dans l'eau, ou qu'on l'entend tel qu'il sort du liquide pour se répandre dans l'air? Dans le premier cas, il est retentissant ; dans le second, il ne l'était point. Des expériences directes sur ces différences dans la qualité des sons sont difficiles à faire, parce qu'il faudrait que les sons des deux fenêtres de l'appareil précédemment décrit fussent également forts, pour qu'on pût en comparer sûrement l'éclat. Mais celles que j'ai tentées sont plutôt favorables que défavorables à l'hypothèse que je viens d'émettre.

Les ondes transmises par la fenêtre ovale agissent plus prochainement sur le vestibule et les canaux semi-circulaires ; celles qui sont transmises par la fenêtre ronde portent principalement sur le limaçon. Mais les ondes qui parviennent dans le vestibule, et qui s'étendent circulairement, arrivent aussi au limaçon. D'ailleurs, en général, le rapport de la fenêtre ronde avec le limaçon n'est pas un attribut constant de cette fenêtre, puisque les chéloniens ont l'une et l'autre fenêtre, bien qu'ils ne possèdent pas de limaçon proprement dit.

E. Trompe d'Eustache.

La trompe d'Eustache existe dans tous les cas où il y a une caisse du tympan. Les maladies qui l'atteignent prouvent qu'elle est d'une grande importance pour l'intégrité de l'ouïe. Son obturation entraîne constamment la dureté d'oreille et des bourdonnements ; mais on ne peut pas déduire des observations pathologiques si elle est immédiatement nécessaire à la netteté et à l'intensité de la transmission, ou si son occlusion ne contribue que d'une manière médiate à l'altération de la faculté d'entendre. On conçoit, en effet, que cette altération serait tout aussi grande par suite de l'oblitération de la trompe, si le conduit n'avait d'autre destination que de prévenir la tension trop considérable de la membrane du tympan, par la condensation et la raréfaction de l'air de la caisse, ou si son usage consistait à procurer, par son mouvement vibratile, l'excrétion du mucus engendré dans la cavité tympanique. La réplétion de la caisse par des mucosités doit détruire tous les avantages de cet appareil conducteur.

Les usages qu'on peut hypothétiquement attribuer à la trompe d'Eustache, et qui lui ont été assignés en effet, sont les suivants, que nous examinerons l'un après l'autre :

1° Quelques uns croient, mais à tort, qu'une masse d'air renfermé serait impropre à transmettre les vibrations. Saunders dit que, quand la trompe d'Eustache est bouchée, l'air de la caisse du tympan ne peut échapper que par condensation, ce qui supprime les vibrations. Muncke fait observer, à juste titre, que cette hypothèse est en contradiction avec les lois de la physique. Nulle évacuation n'est réellement nécessaire pour la propagation de l'ébranlement.

2° Le contraire de cette hypothèse se concilierait mieux avec les lois de la phy-

sique ; car, si l'on fait abstraction de la transmission par la chaîne des osselets, et que l'on compare l'air compris dans le conduit auditif et la caisse du tympan à la colonne d'air de ce qu'on nomme un tuyau de communication, dans lequel les ondes sonores sont concentrées sans affaiblissement, il devrait y avoir ici, comme dans un tuyau de communication, une ouverture latérale qui déterminât une extension partielle des ondes au dehors, et qui, dans le cas d'un ébranlement trop fort, modérât cette impression, en tant qu'elle agit de l'air sur la fenêtre ronde.

3° D'autres regardent l'inégalité de densité de l'air dans la caisse du tympan et au dehors de cette cavité comme un obstacle à l'audition. Tel est Muncke, entre autres. Je ne puis pas non plus partager cette opinion. La propagation des ondes par des couches d'air d'inégale densité semble bien affaiblir le son ; mais, dès que deux couches d'air semblables sont séparées par un corps solide, comme la membrane du tympan, la triple différence des milieux existe déjà. L'onde passe de l'air à la membrane, puis de la membrane à l'air, et il s'agit de savoir, non pas jusqu'à quel point l'air du dedans et l'air du dehors peuvent différer l'un de l'autre, mais jusqu'à quel point l'air intérieur est apte à recevoir l'onde de la substance de la membrane du tympan : car c'est de cette membrane, et non de l'air extérieur, qu'il reçoit la condensation.

4° La trompe est destinée à empêcher la résonnance de l'air contenu dans la caisse du tympan. Cette hypothèse est la moins soutenable de toutes ; car un espace plein d'air résonne, que le réservoir soit ouvert à l'une de ses deux extrémités seulement, ou à toutes deux. La simple résonnance serait plutôt un avantage qu'un inconvénient. La seule chose qui pourrait nuire serait qu'un espace plein d'air résonnât dans son propre ton. Quant à la résonnance des espaces remplis d'air, il est à remarquer que l'air d'un tuyau ouvert, considéré comme colonne vibrante, est comparable à une colonne de hauteur double contenue dans un tuyau couvert.

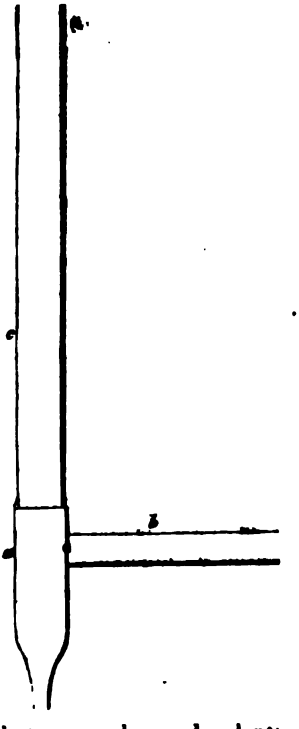
5° La trompe a pour usage d'accroître la résonnance. On peut envisager à ce point de vue l'opinion de Henle, qui compare l'ouverture de la trompe d'Eustache dans la caisse du tympan aux trous percés dans la table du violon, et qui sont si nécessaires pour la production d'un son bien plein. Ces trous sont cause que non seulement la table du violon résonne, mais encore l'air contenu dans la caisse. De même, l'air des cavités orale et nasale résonne pour l'audition, quoique les sons arrivent à l'oreille par le conduit auditif externe. Cette hypothèse ne saurait être, en général, contestée. Elle a pour elle les expériences directes sur l'effet résonnant de tuyaux latéraux qui sont posés sur un tuyau principal court avec lequel ils communiquent par une ouverture. Le son d'un diapason que je tenais sur l'ouverture d'un court tuyau (long de quatre pouces et large d'un) muni d'un tuyau latéral long de deux pieds, me semblait plus fort que quand le son de l'instrument résonnait seulement dans l'air du court tuyau percé d'une petite ouverture latérale ; si l'ouverture est très petite, il ne paraît pas y avoir d'influence.

On peut aussi chercher directement à reconnaître si, avec une ouverture aussi étroite que celle de la trompe d'Eustache, l'influence n'est pas en grande partie éteinte. Voici comment on peut imiter d'une manière grossière l'appareil de transmission de la caisse du tympan, avec la trompe d'Eustache.

u de bois *a*, ayant huit lignes de diamètre, sur trois pouces de long, ert d'une membrane à l'une de ses extrémités, et il va en se rétrécissant posé, de manière qu'on puisse l'insinuer profondément dans le conduit

e tuyau représente la caisse du tympan. é d'une très petite ouverture sur le côté, it adapter en cet endroit le tuyau latéral *b*. remplit l'office du conduit auditif externe. s'ajuste parfaitement dans son intérieur. rait employer un son développé librement attendu qu'il pénétrerait, tant par le tuyau *b* tuyau *c*, et, après l'enlèvement du tuyau par la petite ouverture dont la caisse du st percée. On est donc obligé d'en exciter tuyau *c*, et de telle manière qu'il se ré- hors de ce tuyau. Ce qui m'a paru le plus e pour arriver à ce but, c'est qu'une per- olique ses lèvres à l'orifice du tuyau *b*, et tenant le nez bouché, elle fasse claquer les re les autres les dents des deux mâchoires ; duit par les dents peut se communiquer à uyau, dans les parois duquel il se diperse use des parties molles des lèvres, et l'air du conduit à la membrane et à l'air de la caisse ue. Si maintenant j'enfonce le bout rétréci lernière dans mon oreille, je puis com- ensité du son quand l'ouverture latérale de est bouchée, quand cette ouverture est t quand le tube latéral *b* a été ajusté sur squ'on met le doigt, pour la boucher, sur e latérale qui représente l'embouchure de la trompe, le son des dents ourd que quand on laisse l'ouverture découverte, mais son intensité est oint altérée ; la différence est bien moindre, soit quand on adapte le tube soit lorsque l'ouverture simple demeure béante, sans tuyau qui la re- en effet, dans les deux cas, l'éclat du son est le même, et l'on n'aperçoit du moins d'une manière certaine, aucune différence dans son intensité. ns le cas d'une ouverture étroite entre la caisse du tympan et l'espace sonnant *b*, celui-ci perd entièrement ou presque entièrement son impor- rapport à un son qui ne peut point agir directement sur lui.

Fig. 175.



rompe est destinée à débarrasser la transmission par l'appareil de la caisse ue d'un obstacle que présente une colonne d'air totalement renfermée, dans ce cas, ou la faculté conductrice de la membrane du tympan elle- trop faible, ou la résonnance de cette membrane et de l'air contenu dans st trop peu considérable. C'est là l'opinion la plus répandue eu égard aux la trompe d'Eustache. Itard la compare au trou sans lequel une caisse ne rendrait qu'un son sourd et étouffé. Mais cet exemple est peu pro- n'a pas la moindre analogie avec les circonstances dont il s'agit ici ; car

ANA MEDICA L'UN

si une caisse militaire a plus d'éclat lorsqu'elle est percée d'un trou latéral, c'est parce qu'alors les vibrations aériennes excitées dans l'intérieur de la caisse traversent non plus seulement les parois de l'instrument et ses membranes, mais encore le meilleur conducteur qu'elles puissent trouver, l'air lui-même, pour se répandre dans l'atmosphère et arriver à l'oreille. En outre, je ne trouve qu'une différence extrêmement faible dans l'éclat du son, lorsque le trou d'une petite caisse est bouché, ou quand il est béant. Du reste, on ne peut point songer à une augmentation de l'intensité du son au moyen des ondes qui arrivent à la caisse du tympan par l'air de la bouche et de la trompe d'Eustache, car un homme bien constitué entend tout aussi bien quand il se ferme la bouche et le nez que quand il les ouvre.

J'ai entrepris, relativement à la proposition mise en thèse, plusieurs expériences qui ne parlent point en sa faveur. Lorsque je fixais profondément, et d'une manière solide, dans une de mes oreilles, un tuyau court dont le bout antérieur était clos par une membrane, comme la seule pièce *a* de la figure précédente, et que je me bouchais bien l'autre oreille avec du papier mâché, un son excité dans la membrane elle-même se propageait sans affaiblissement à travers le tuyau. On conçoit qu'il n'était pas possible de se servir d'un son excité dans l'air libre ; car ce son, celui d'un sifflet par exemple, peut, au moyen de l'ouverture latérale, se communiquer avec plus de force à l'air intérieur du tuyau par l'air que par la membrane. Lorsqu'on fait rendre un son à cette dernière, en la frappant ou la frottant avec le doigt, le son est constamment sourd si l'on tient l'ouverture latérale bouchée ; plus clair et en quelque sorte plus net, si on la laisse béante ; mais je n'ai pas pu apercevoir de différence notable dans son intensité. Il m'a même semblé que, quand la membrane était mouillée, le son sourd avait plus de force pendant la fermeture du trou, que le son clair pendant son ouverture. On obtient un résultat en général analogue avec l'appareil indiqué dans la figure précédente. Si une personne applique ses lèvres à l'orifice du tuyau *d*, et qu'elle fasse claquer ses dents, en se bouchant le nez, on entend très distinctement le son, entre *c* et *a*, à travers l'air du tuyau et de la membrane, quand on enfonce bien *a* dans sa propre oreille. Qu'on enlève le tuyau *b*, le son est plus sourd si l'on bouche l'ouverture latérale, et plus clair si on la laisse béante ; mais il n'y a pas de différence appréciable dans son intensité.

D'après cela, on peut donc bien convenir qu'il est possible qu'un certain émoussement du son soit évité par la résonnance de l'appareil tympanique à travers la trompe ; mais on ne saurait accorder qu'il soit fortifié dans le sens qu'exprime la proposition.

Quelques autres expériences sur l'audition avec ou sans occlusion des trompes d'Eustache viennent à l'appui de cette conclusion. Il est hors de doute que le plus sûr moyen de découvrir l'influence des trompes consisterait à pouvoir les boucher de telle manière qu'on ne condensât pas l'air de la caisse, et qu'ainsi on ne tendît point la membrane du tympan ; mais il n'est guère possible d'arriver là, et d'ailleurs l'expérimentateur qui se ferait sonder la trompe serait toujours dans le doute de savoir si elle est ou non parfaitement bouchée par l'instrument. Il faut donc renoncer à cette idée, comme peu fructueuse pour la physiologie. Les observations pathologiques ne fournissent non plus aucune donnée pour la solution du

oblème. Cheselden a observé une surdité subite après une injection d'eau dans trompe. Saunders, au contraire, a vu, chez les personnes dont l'ouïe était dure, tte opération amener une amélioration qui durait aussi longtemps que le liquide ecté restait dans l'oreille. Ces résultats inverses paraissent dépendre de toute autre se que de la perméabilité ou de l'occlusion de la trompe. Il faut ici avoir égard ntôt à la tension de la membrane du tympan que l'injection détermine, ou si, nt l'opération, la membrane était trop rejetée en dedans par la raréfaction de ir, à la diminution de sa tension par la compression que le liquide injecté exerce r l'air de la caisse du tympan. Mais il y a un autre moyen de parvenir à boucher rouvrir ses trompes d'Eustache, avec tension, à la vérité plus considérable, de membrane du tympan ; c'est, comme je l'ai dit dans le paragraphe précédent, de réfier l'air de la caisse par un fort mouvement inspiratoire qu'on accomplit tan- qu'on ferme la bouche et le nez. Ici les parois de la trompe s'appliquent l'une tre l'autre, ce qu'on reconnaît à ce que le renversement en dedans de la mem- ne du tympan, dont on a la perception distincte, persiste jusqu'à ce qu'on le se cesser par le mécanisme que j'ai indiqué. D'un autre côté, on peut rendre trompe plus large qu'à l'ordinaire en faisant un mouvement expiratoire, la bou- e close et le nez bouché, cas dans lequel aussi la membrane du tympan éprouve la tension. Les circonstances sont donc à peu près les mêmes, à la densité de ir près : dans les deux cas, la membrane du tympan est tendue, mais la trompe Eustache est élargie dans l'un, et bouchée dans l'autre. Or on entend également l dans ces deux cas.

7° La trompe d'Eustache est destinée à l'audition de la voix. Cette hypothèse rait être déjà suffisamment réfutée par d'anciennes observations, notamment par ne expérience que Schelhammer a faite. Schelhammer s'introduisit un diapason brant dans la bouche ; il ne l'entendit presque pas ; mais, tenu au-devant de la uche médiocrement ouverte, l'instrument fit entendre un son très fort, à cause la résonnance de l'air de la cavité orale, et l'effet fut alors le même que quand place un diapason vibrant sur le goulot d'une bouteille. Nul doute cependant le son résonnant ne soit produit en grande partie par la transmission de l'oreille terne au tympan. Il n'est pas facile d'entendre le mouvement d'une montre l'on tient dans sa bouche, sans y toucher ni de la langue ni des dents. Assuré- ent l'expérience de Schelhammer n'est pas pleinement concluante ; car le son du apason, par cela même qu'il vient d'un corps solide, se transmet difficilement à ir, tandis que, dans le son de la voix, les ligaments de la glotte, quand ils en- ent en vibration, communiquent simultanément des oscillations régulières à l'air, si qu'il arrive dans tout instrument à anche. Cependant on peut se convaincre ne autre manière que l'influence de la trompe sur l'audition de la voix est ex- mement faible. J'ai dit que les mouvements respiratoires nous rendent maîtres clore et d'ouvrir cette trompe à volonté. En soutirant l'air de la caisse du tym- n, ou le raréfiant au moyen de l'inspiration, la bouche et le nez étant clos, la ompe se ferme pour quelque temps, et, en condensant l'air de la caisse par une piration forte, les voies aériennes étant fermées, on la rend plus large que de outume. Il s'agit donc uniquement de produire un son de voix, dans l'un et l'autre s, pendant que la bouche et le nez sont fermés, ce qui n'est pas impossible, du oins pour un bourdonnement de faible durée. Dans l'un comme dans l'autre cas,

on l'entend très distinctement, et il y a peu de différence, le son n'étant très peu de chose plus fort quand la trompe est dilatée que quand elle es Ce n'est donc point, à coup sûr, par le moyen principalement de la trompe tache que nous entendons notre voix. Il part de la bouche des ondes sonores laires; les segments postérieurs de ces cercles rencontrent la conque, et son chis vers le tragus, puis de celui-ci dans le conduit auditif : or la con l'oreille externe offre, à mon avis, la situation précisément qui convenait l pour favoriser la réflexion des ondes sonores parties de la bouche. Mais n tendons aussi notre voix par la transmission du son de l'air aux parois du de la bouche, puis aux os de la tête, et plus immédiatement encore par une chaîne de parties solides étendue jusqu'au labyrinthe, savoir, à partir des lig de la glotte, par les parties molles et solides du col et de la tête. Ce qui combien ce mode de transmission doit être efficace, c'est que nous enten bruit totalement emprisonné par les parties solides de notre corps, les borbo dans l'intestin, et autres semblables. On se fait une meilleure idée encore dition de notre propre voix par propagation à travers des parties solides, en chant les oreilles, introduisant un conducteur dans l'une, et l'appliquant par bout sur le larynx d'une personne qui parle : on entend alors la voix personne au milieu des mêmes circonstances dans lesquelles on entend la propre. Il est vrai que l'oblitération maladive de la trompe rend l'ouïe dur les sons extérieurs, mais elle ne fait pas qu'on entende mal sa propre voix, l'ont observé Autenrieth (1) et Lincke (2).

8° La trompe sert à évacuer le mucus de la caisse du tympan par son ment vibratile. On ne saurait douter de cela, et la réplétion du tympan mucosités explique même en partie la dureté d'ouïe qui s'observe après l'o tion des trompes. Cependant telle ne peut point être l'unique destination organes.

9° La trompe est destinée à mettre l'air de la caisse du tympan en équilib l'air extérieur, spécialement à éviter la trop grande tension de la membra serait la suite d'une condensation ou d'une raréfaction permanente de l qui entraînerait la dureté de l'ouïe. Voilà ce qui me paraît être le but prin la trompe d'Eustache, de cet appareil qu'on rencontre partout où il y a un et une membrane du tympan. Ce n'est pas de la condensation ou de la rar de l'air qu'il s'agit surtout ici, mais de la tension de la membrane du tymp en est la conséquence nécessaire, et qui ne manque jamais de rendre l'ou car l'effet est le même dans l'une et l'autre hypothèse. C'est aussi à ce p vue que, dans beaucoup de cas de surdité par occlusion chronique de la sous l'influence d'une maladie quelconque, on doit juger l'utilité du cathé et la coïncidence de ses résultats avec ceux de la perforation du tympan térébration de l'apophyse mastoïde. Je ne nie pas pour cela les autres avanta procure la trompe, et que j'ai déjà appréciés; loin de là, ceux auxquels j le plus d'importance, après l'usage assigné dans ce paragraphe, sont la fication apportée au son, qu'elle débarrasse de sa sourde résonnance,

(1) Dans Reil's *Archiv*, t. IV, p. 321.
(2) *Loc. cit.*, p. 502.

'elle procure à l'air dans la caisse, et l'issue qu'elle donne aux sécrétions de e cavité.

hez l'homme dont la trompe d'Eustache a une largeur suffisante, l'équilibre e rétablir d'une manière insensible lorsque l'air extérieur augmente rapide- de densité. Mais les observations faites sous la cloche du plongeur prouvent d'autres cas, les choses ne rentrent point insensiblement dans l'ordre, et que ible de l'équilibre peut persister durant quelque temps. Carus a remarqué gravissant de hautes montagnes, il éprouvait de la tension dans l'oreille, et and il était parvenu à une certaine élévation, il y entendait un craquement, se répétait à des distances d'environ six cents pieds. On conçoit que le de- quel ce phénomène a lieu, chez d'autres personnes, dépend en partie de cir- nces individuelles. Je ne me souviens pas d'en avoir fait le sujet d'observa- ser moi-même. Au reste, j'aurais soin, en pareil cas, avant que le trouble quilibre arrivât au maximum, de le faire cesser par l'action volontaire du cle interne du marteau, qui, comme j'ai dit, produit aussi un craquement dans oreille.

Hunecke admet que le tympan secondaire de la fenêtre ronde sert, dans le cas ne violente secousse dirigée contre l'eau du labyrinthe, à modérer l'impression , fuyant pour ainsi dire devant le coup. Le son peut, à la vérité, être dérivé dans canal aérien ou dans un tuyau de communication, quand les parois qui retien- nent les ondes, à cause des difficultés de la transmission, présentent une ouver- ture; mais les ondes impulsives de l'eau se transmettent très facilement à des corps solides.

F. Conduit auditif externe.

Le conduit auditif externe a de l'importance dans la transmission du son, à trois points de vue : d'abord, parce qu'au moyen de l'air qu'il renferme, il con- duit directement à la membrane du tympan les ondes sonores qui tombent de l'air, et rassemble ces ondes ; en second lieu, parce que les parois mènent les ondes communiquées à l'oreille externe, par le chemin le plus direct, au point d'attache du tympan, et ainsi à cette membrane elle-même ; enfin, parce que la masse d'air limité qu'il circonscrit est susceptible de résonnance.

Comme conducteur aérien, il reçoit les ondes aériennes directes, qui doivent produire l'effet le plus puissant lorsqu'elles tombent dans son axe. Si elles par- viennent obliquement au conduit, elles sont conduites par réflexion à la mem- brane du tympan. Le conduit reçoit aussi de cette manière, par réflexion, les ondes qui viennent choquer la conque de l'oreille, lorsque leur angle de réflexion est capable de les jeter vers le tragus. Celles des ondes sonores de l'air qui ne parviennent dans le conduit ni immédiatement ni par réflexion, peuvent encore y introduire en partie par inflexion : ainsi, par exemple, les ondes aériennes dont la direction est celle de l'axe longitudinal de la tête, et qui passent au-devant de l'oreille, doivent, d'après les lois de l'inflexion sur les bords du conduit auditif externe, s'infléchir dans ce dernier. Cependant les ondes les plus fortes sont, dans tous les cas, celles qui arrivent directement ; ni les ondes réfléchies ni les infléchies ne les égalent à cet égard. De là vient qu'on peut juger de la direc- tion du son, en portant son conduit auditif externe dans des directions diverses.

Les parois du conduit auditif doivent encore être étudiées comme conducteur solide; car, en les traversant, les ondes qui se communiquent au cartilage de l'oreille sans subir de réflexion arrivent à la membrane du tympan par la voie la plus courte. Les oreilles étant bien bouchées, le son d'un sifflet est plus fort lorsqu'on pose le bout de cet instrument fermé par une membrane sur le cartilage même de l'oreille que quand on l'applique sur la surface de la tête.

Enfin, l'air limité du conduit auditif a encore de l'importance en raison de son aptitude à résonner. Tout espace limité d'air résonne. Il suffit d'allonger le tuyau du conduit auditif externe par un autre tuyau qu'on y implante, pour se convaincre de cette influence : on entend alors avec beaucoup plus d'intensité tous les sons, quels qu'ils soient, même sa propre voix. Si l'on ajoute des tuyaux plus longs, la colonne d'air rend même le son qui lui est propre en raison de sa longueur, comme l'ont fait voir les frères Weber. Lorsque les colonnes d'air sont petites, cette consonnance n'a plus lieu, et l'on n'observe qu'un simple renforcement par résonnance.

G. Cartilage extérieur de l'oreille.

Le cartilage de l'oreille produit en partie la réflexion, en partie la condensation et la transmission des ondes sonores; au premier point de vue, la conque surtout mérite notre attention, puisqu'elle rejette les ondes sonores de l'air vers le tragus, d'où elles parviennent dans le conduit auditif. Les autres irrégularités de l'oreille ne sont point favorables à la réflexion. Mais on ne pourrait les regarder comme sans but qu'autant qu'on perdrait de vue que le cartilage auriculaire est lui-même conducteur des ondes sonores. En effet, il reçoit des ébranlements de l'air, et, comme corps solide, il réfléchit les uns, transmet et condense les autres, ainsi que le ferait tout autre corps solide et élastique, et ainsi que Savart l'a dit avec raison. Il reçoit les ondes sonores dans une grande largeur, et les conduit à son point d'insertion. On peut se faire une idée de la progression de l'ébranlement dans le cartilage auriculaire, d'après les recherches de Savart sur la propagation du choc dans des corps à branches diversement placées, expériences dont je me suis servi plus haut pour expliquer la marche du son dans la chaîne des osselets de l'ouïe. L'onde impulsive communiquée à ce cartilage n'en suit point les inflexions; mais, comme elle le traverse sans changer sa direction primitive, les parties limitrophes du cartilage, quelque diversifiée qu'en puisse être la situation, sont chassées par le choc dans une direction absolument la même. Cet effet a lieu de molécule à molécule, jusque dans l'intérieur de l'oreille, à la membrane du tympan et aux os de la tête. Il est vrai que la connexion des parois du conduit auditif avec les parties solides de la tête entière donne lieu à une certaine dispersion, mais les points d'attache de la membrane du tympan reçoivent les ondes par la voie la plus courte, et les transmettent aussi sûrement à la membrane que la paroi d'un tambour les communique à la peau, ou le chevalet d'une corde à celle-ci.

Mais, en considérant le cartilage articulaire comme conducteur, toutes ses inégalités, élévations et enfoncements, qui n'avaient aucun but par rapport à la réflexion du son, en acquièrent un; car les élévations et les dépressions sur lesquelles les ondes sonores tombent perpendiculairement seront celles qui les rece-

tront avec le plus de force. Mais les inégalités sont tellement diversifiées, que les ondes sonores, de quelque lieu qu'elles viennent, seront toujours perpendiculaires à la tangente de l'une d'elles. De cette manière, on conçoit le but de la singulière conformation de l'oreille externe.

L'oreille externe des animaux ressemble tout à fait à un cornet acoustique dont la direction appartient à la volonté, où les ondes aériennes marchent condensées dans l'air, et dont les parois font en même temps office de conducteur. Elle allonge en outre la colonne d'air résonnante du conduit auditif externe, comme le fait un cornet acoustique (1).

H. Corps solides et air résonnant au pourtour du labyrinthe.

Tout corps solide limité et toute masse d'air limitée devient un appareil de résonnance au voisinage du labyrinthe. Il faut envisager ainsi, non seulement les os de la tête, mais encore tous les cartilages et toutes les membranes qui avoisinent l'organe auditif.

La résonnance de masses d'air limitées fait que notre voix devient plus distincte, non seulement pour les autres, mais même pour nous. Tout espace d'air limité résonne quand on produit un son. Si l'on place le diapason vibrant sur le goulot d'une fiole à médecine, l'air contenu dans la petite bouteille résonne avec beaucoup de force, tandis que la résonnance est bien plus faible quand on tient le diapason dans le voisinage des parois de la fiole. L'air d'un tuyau résonne avec force, que ce tuyau soit ouvert à l'une de ses extrémités seulement, ou aux deux bouts. Si l'on tient le diapason vibrant immédiatement au-devant de la bouche, la résonnance est extrêmement forte, et entendue tant par celui qui tient l'instrument que par une autre personne (2).

L'enfonce-t-on, au contraire, dans la bouche largement ouverte, le son en est extrêmement faible, tant pour nous-mêmes que pour les autres. C'est à cela qu'il paraît tenir que les personnes dont l'oreille est dure ont l'habitude d'ouvrir la bouche. On ne doit point songer ici à une audition supplémentaire par les trompes d'Eustache, puisque le son d'un diapason profondément enfoncé dans la bouche est entendu très faible. Cependant l'habitude qu'ont ces personnes de tenir la bouche ouverte tient peut-être à ce qu'alors la portion cartilagineuse du conduit auditif externe devient plus large, comme l'a déjà fait remarquer Elliot.

En tout cas, la force de l'audition, lorsqu'on se fait parler, à travers un tuyau, tout près de la bouche ou du nez, dépend en partie de la résonnance des cavités aériennes.

L'air du conduit auditif externe et de la caisse du tympan résonne aussi. On s'en aperçoit déjà lorsqu'on allonge le conduit auditif par le moyen d'un tuyau qu'on y implante. Non seulement on entend un bruissement causé par le mouvement du

(1) Il arrive fréquemment qu'en parlant du cornet acoustique et du porte-voix, on néglige le grand renforcement du son par la colonne d'air limitée et résonnante du tube.

(2) La résonnance sonne comme *u* quand on ouvre peu la bouche, et comme *a* lorsqu'on l'ouvre davantage. Le son d'un diapason placé au-dessus d'un tube de largeur égale, ayant huit lignes de diamètre et trois pouces et demi de long, et posé lui-même sur la table, est aussi celui de l'*u* quand on rétrécit l'ouverture avec la main, et ressemble davantage à l'*a* lorsqu'on laisse l'ouverture du tube entièrement libre.

sang dans l'oreille, comme aussi les petits mouvements qui ont lieu dans l'air, malgré son apparent repos, et qui, sans être nécessairement des ondes sonores, déterminent l'air du tube à produire du son, par un effet semblable à celui que le souffle détermine dans un sifflet; mais encore tout son quelconque, tant celui de sa propre voix que celui des corps extérieurs, est accompagné d'une bruyante résonnance. Et si l'on peut constater le fait en allongeant le conduit auditif par l'implantation d'un tuyau, on y parvient aussi en raccourcissant la colonne d'air de ce conduit par un bouchon qu'on y enfonce profondément : car alors, non seulement tous les sons des corps extérieurs paraissent plus faibles, à cause de l'interruption qu'éprouve la transmission, mais encore on entend moins bien celle de sa propre voix. En disant qu'il ne tombe point alors d'ondes sonores de la bouche dans le conduit auditif, on n'explique pas le phénomène d'une manière suffisante. Assurément, lorsque le conduit auditif est ouvert, les ondes sonores circulaires de notre voix, qui partent de l'ouverture de la bouche dans toutes les directions, y tombent, jusqu'à un certain point, et par la réflexion qu'elles éprouvent de la part de la conque, et par inflexion; mais on peut neutraliser complétement cette influence, et la voix n'en demeure pas moins forte, quand tout le conduit auditif contient encore de l'air. Si l'on pose les mains à plat immédiatement devant les oreilles, de manière qu'aucune onde sonore de notre propre voix ne puisse plus tomber dans celles-ci, on n'en entend pas moins sa propre voix avec une grande force, parce qu'ici il y a encore la colonne entière d'air résonnant du conduit auditif externe. Mais, si l'on bouche en grande partie ce dernier avec le petit doigt ou avec du papier mâché, on n'entend plus que faiblement sa propre voix. La suppression de la résonnance de l'air du conduit auditif est donc en partie la cause qui fait qu'on entend si faiblement sa propre voix lorsqu'on se bouche les oreilles.

IV. Transmission par la caisse du tympan, et transmission par les os de la tête.

La transmission du son par la caisse du tympan communique au labyrinthe des ébranlements à travers les fenêtres, d'où les ondes se répandent ensuite dans l'eau labyrinthique.

La transmission au labyrinthe par les os de la tête, qui est la seule chez les poissons osseux, amène les ondes sonores à ce dernier de tous les côtés avec la même facilité. Cette transmission de tous les côtés a lieu aussi chez les animaux aériens, mais elle ne peut être que très faible dans l'air, à cause de la difficulté avec laquelle les ondes aériennes se communiquent aux parties solides de la tête. Nous n'avons point occasion de sentir quelle intensité aurait la transmission des ondes aériennes par les os de la tête, si elle était la seule; car, lors même que nous bouchons nos oreilles, l'oreille n'en conduit pas moins ces ondes avec plus de force que ne le font les os de la tête, et les osselets de l'ouïe, en leur qualité de corps limités, font une impression plus forte sur le labyrinthe que les os de la tête, qui ne sont point isolés. Ce renforcement de la transmission par les osselets de l'ouïe peut avoir lieu aussi dans le cas où les ondes aériennes sont amenées en premier lieu par les os de la tête, puisqu'alors aussi elles sont directement conduites à la membrane du tympan et aux osselets de l'ouïe, et que l'appareil de la caisse du tympan résonne. Il en est de même pour les ondes communiquées par notre propre voix aux parties

de la bouche, de la gorge et du nez. Elles déterminent également une résonnance de l'appareil de la caisse tympanique. Mais la même chose a lieu aussi pour les ondes que des parties solides transmettent aux os de la tête ; il y a toujours résonnance dans ce cas. Si, après s'être bouché les oreilles, on se pose un diapason résonnant sur le sommet de la tête, le son est extrêmement faible ; il a plus de force quand on fait l'application sur la tempe : il devient de plus en plus fort à mesure que l'on rapproche l'instrument du conduit auditif, et il croît, non pas seulement en raison de la diminution de la distance entre le corps sonore et le labyrinthe, mais encore en raison du rapprochement existant entre les parties de la tête qui lui servent de conducteur et l'ouverture extérieure de l'oreille.

La seule transmission des ondes aériennes par les os de la tête ne pourrait être entendue que par une personne chez laquelle l'appareil de la caisse du tympan n'existerait pas, et dont le conduit auditif externe serait bouché. Il est probable qu'alors ces ondes ne seraient point entendues, ou du moins qu'elles ne le seraient que très faiblement. Mais la faculté d'entendre des ébranlements de corps solides transmis aux os de la tête par d'autres corps solides devrait avoir lieu encore si le labyrinthe était intact. On peut employer ce moyen chez les sourds qui n'entendent pas les ondes sonores, pour reconnaître si leur labyrinthe et leur nerf auditif sont encore intacts.

Un sourd qui ne peut entendre aucune onde de l'air entend quelquefois un fort battement sur le sol, qui lui est transmis par les parties solides de son corps. Cependant il est difficile de distinguer ici ce qui appartient à la sensation de l'ébranlement par le toucher et ce qui appartient à l'ouïe. Tous les sons graves agissent aisément sur les nerfs du toucher, et l'on sent les ébranlements, comme tact, lorsqu'on s'applique la main sur la poitrine en parlant, ou quand on empoigne un corps solide qui rend du son. Les ondes sonores qu'un sifflet excite dans l'eau ne se sentent pas par le toucher lorsqu'on tient la main dans l'eau ; mais on les sent très bien lorsqu'en même temps que la main on plonge un corps solide dans le liquide. Ces sensations tactiles de vibrations ont donné lieu à la fausse supposition qu'il est possible d'entendre par d'autres nerfs que par le nerf auditif.

V. Audition des ondes sonores de milieux différents

A. Transmission immédiate du son de l'air à l'organe auditif.

Nous entendons le plus fréquemment par des ondes aériennes, qu'elles aient été produites primairement dans l'air, ou qu'après avoir été excitées dans d'autres corps, elles arrivent à notre oreille par l'intermédiaire de l'air. Les ondes qui ont été produites en premier lieu dans l'air parviennent à notre organe auditif beaucoup plus fortes que celles qui, engendrées par d'autres corps, se transmettent à l'air ; car, dans ce dernier cas, il y a diminution d'intensité au moment où s'accomplit la communication à l'air. Voilà pourquoi les cordes et les diapasons donnent un son si faible sans une caisse résonnante, qui doit communiquer avec le corps solide producteur du son par le moyen d'un chevalet ou de toute autre manière. La caisse résonnante est, au contraire, complétement inutile dans les instruments à vent, parce que l'air est de tous les corps celui qui propage avec le plus d'intensité les ondes primairement déterminées dans l'air. Il ne pourrait y avoir d'autre

corps résonnant efficace pour des ondes aériennes primaires que l'air lui-même renfermé dans un espace limité. Un corps solide contribuerait moins à fortifier le son, parce que, quand les ondes sonores passent de l'air dans des corps solides et de ceux-ci dans l'air, il y a diminution de la force des ébranlements.

De même que les ondes sonores de corps solides se communiquent difficilement à l'air, de même aussi les ondes sonores de l'eau passent avec peine à ce dernier. Si l'oreille se trouve dans l'air, un son provoqué dans l'eau sera toujours perçu très faiblement par nous, et, si la direction des ondes sonores fait un angle très aigu avec la surface de l'eau et de l'air, il ne le sera pas du tout, ce qui a lieu aussi pour la lumière. Colladon éprouva cette difficulté en faisant ses expériences sur la vitesse de la propagation du son dans l'eau. Un tuyau tenu dans l'eau et dans l'oreille ne lui était presque d'aucun secours, lorsqu'il n'avait pas fixé, à son extrémité inférieure, une plaque solide recevant les ondes sonores de l'eau (1); car, pour entendre avec force le son de l'eau quand on est dans l'air, il faut non seulement faire passer les ondes sonores du liquide dans une tige solide et tenir cette tige appliquée à l'oreille, mais encore la mettre en communication avec un bouchon remplissant le conduit auditif, afin d'écarter autant que possible l'intermédiaire de l'air. Il n'y a pas d'autre manière d'entendre le plein son d'une petite cloche qui tinte dans l'eau même (2).

S'il faut que le son passe d'abord dans l'eau, puis de celle-ci dans l'air, pour arriver à notre organe auditif, l'affaiblissement est plus considérable encore. Voilà pourquoi les plongeurs n'entendent pas le son produit au-dessus de l'eau.

Du reste, dans l'audition au milieu de l'air, la force du son dépend de la densité et de la sécheresse de ce dernier. La rapidité de la transmission augmente bien avec la raréfaction de l'air, mais la force des vibrations diminue en raison de cette même raréfaction. On n'entend presque pas une cloche qui tinte dans le récipient d'une machine pneumatique sous lequel on a fait le vide. Rigoureusement parlant, il n'y a de prouvé par là que la très grande diminution de l'ébranlement lorsque les ondes passent de la cloche à l'air raréfié, et de celui-ci au récipient. On n'a presque point encore tenté d'expériences sur l'audition immédiate d'ondes aériennes d'air raréfié et condensé, c'est-à-dire de celles qui viennent frapper la membrane du tympan sans traverser de corps solides. Nous ne possédons à cet égard que celle qui a été faite par de Saussure sur le sommet du Mont-Blanc, où la détonation d'un coup de pistolet était moins forte que celle d'un petit pétard tiré dans la plaine.

B. Transmission immédiate du son de l'eau à l'organe auditif.

Quand nous plongeons dans l'eau, les ondes sonores de ce liquide arrivent à la membrane du tympan. Tous les sons engendrés dans l'eau même sont alors parfai-

(1) *Relation d'une descente en mer dans la cloche dite des plongeurs.* Paris, 1826, in-8.

(2) Colladon a trouvé qu'une cloche tintant sous l'eau ne faisait point entendre de son, mais seulement un choc sec et peu prolongé. Cet effet ne pouvait tenir qu'à l'éloignement ou à l'imperfection du procédé de transmission mis en usage, car mes expériences m'ont appris que le son d'une cloche qui tinte sous l'eau, près de nous, n'est dépourvu d'éclat que quand il n'arrive point de l'eau à notre labyrinthe à travers une chaîne de corps solides, et qu'il est obligé de traverser une couche d'air.

lement entendus, comme l'ont démontré les expériences de Nollet et de Monro, et comme le sait quiconque connaît l'art de nager. Les ondes sonores passant de l'air dans l'eau sont plus difficiles à entendre dans cette dernière, parce que les ébranlements des particules vibrantes subissent une diminution considérable au moment du passage.

C. Transmission immédiate du son de corps solides à l'organe auditif.

Dans le cas d'ondes aériennes primaires, le son n'est jamais plus intense que quand c'est l'air qui l'amène immédiatement à l'organe auditif : dans celui d'ondes primaires de corps solides, sa plus grande intensité a lieu lorsque ce sont des corps solides qui le transmettent immédiatement à l'oreille. Le son d'un morceau de bois ou de métal est conduit faiblement par l'air ; mais il l'est avec une force extraordinaire lorsqu'on tient entre les dents ou qu'on adapte à ses oreilles un cordon qui aboutit au corps sonore. Herhold et Rafn entendaient le son d'une cuiller à une distance de trois cents aunes par le moyen d'un cordon fixé à la cuiller elle-même, et, à l'aide de cet artifice, il leur paraissait encore, malgré la distance, semblable à celui d'une cloche. Chacune des parties molles ou solides de la tête est apte à recevoir les ébranlements de corps solides ; mais les parties molles sont celles qui les transmettent le plus faiblement, lorsqu'on applique sur elle la verge qu'on a mise en contact avec le corps sonore (1). Cette transmission est plus forte dans les points où les os de la tête sont peu couverts, et plus encore dans ceux où ils sont entièrement à nu, comme aux dents. Quand on saisit une montre entre les dents, le tic-tac se fait entendre de la manière la plus distincte, surtout du côté des dents de la mâchoire supérieure, parce que, de ce côté-là, la transmission n'a lieu qu'au moyen de parties solides. La propagation est plus faible si on met la montre en contact avec la langue, et bien plus faible encore, si l'on se contente de la tenir suspendue dans l'air de la cavité orale. Elle est tout aussi énergique, et même plus encore, à travers les parois du conduit auditif externe, quand on a bouché ce conduit, et interposé une verge entre la montre et le bouchon, ou les parties qui avoisinent immédiatement le canal. Dans ce cas, les ondes des corps solides, au lieu de passer à travers les os de la tête pour arriver au labyrinthe, se transmettent bien plutôt immédiatement à la membrane du tympan et aux osselets de l'ouïe par une chaîne de parois solides, et notamment par les parois du conduit auditif. L'effet du cornet acoustique des personnes qui ont l'ouïe dure tient en partie au non-affaiblissement de la propagation des ondes aériennes, en partie à la résonnance de la colonne d'air du cornet, mais en partie aussi à la communication des parois résonnantes de ce dernier avec les parties solides du conduit auditif. On peut acquérir la preuve que cette dernière particularité a de l'importance en examinant ce qui arrive dans un cas où les ondes aériennes n'éprouvent point de condensation. Si

(1) D'après les observations de Périer et de Larrey sur des individus trépanés, on devrait croire que les ondes se transmettent plus facilement de l'air au nerf auditif par des parties molles seules que par le crâne couvert de la peau. Les trépanés qui se bouchent les oreilles entendent mieux, disent-ils, le son excité au-dessus de la plaie cicatrisée. Mais on assure que cet effet, qui d'ailleurs ne me paraît pas suffisamment constaté, n'a lieu que quand l'ouverture se trouve à la partie antérieure de la tête. — *Voy.* Larrey, *Clinique chirurgicale.* Paris, 1836, t. I, p. 33. — *Bulletin de l'Académie de médecine.* Paris, 1851, t. XVI, p. 735.

l'on fait parler quelqu'un dans un tuyau, et qu'après s'être bouché les oreille saisisse le tuyau par le côté avec les dents, on entend un son extraordinaire fort, dépendant de la résonnance du tuyau, qu'on entendrait à peine par l'air arrivant à l'oreille.

La transmission immédiate de parties solides aux parties solides du conduit ditif entre aussi en jeu lorsqu'on entend un son en appliquant son oreille a Si l'oreille est bouchée, et que le bouchon touche la terre, la transmission est plus forte encore. Naturellement on ne peut percevoir avec intensité, de cette nière, que des sons qui naissent primairement dans le sol, ou qui, excités dar parties solides, sont conduits au sol par des parties solides, comme le bruit d de l'homme et du cheval. Quant aux ondes aériennes primaires, elles se tran tent beaucoup plus difficilement au sol, et ne trouvent pas en lui un condu qui convienne pour les amener à l'oreille posée contre terre.

La même chose a lieu dans l'application du stéthoscope. Des sons excités des parties solides, ou transmis à travers des parties solides, sont amenés pa instrument aux parties solides de l'oreille appuyée contre lui. Le stéthosco produit guère plus d'effet que l'oreille elle-même appliquée sur la partie, si ce par sa résonnance. Dans la disposition qu'on a coutume de lui donner, il s' deux modes de transmission, l'une des parties solides du corps qui produit l aux parties solides de l'organe auditif par le bois, l'autre des parties solides du qui excite le bruit à la colonne d'air contenue dans l'instrument, puis de cet la membrane du tympan. La seconde transmission est beaucoup plus difficile, que les ondes sonores passent avec peine de la surface du corps humain à mais elle est utile néanmoins par résonnance. De là vient qu'une verge s ne remplit pas le même office qu'un stéthoscope. Mais on peut aussi entem son avec force par le moyen de cette simple verge, en se bouchant l'oreille av papier mâché, et appliquant le conducteur, non pas sur le bouchon, car les tements troubleraient l'observateur, mais sur les parties molles qui entourent l'e externe; alors la transmission des parties solides aux parois du conduit audi de là à la membrane du tympan, s'accomplit d'une manière plus complète secours du bouchon.

Chez les personnes qui ont l'ouïe dure, et qui ne perçoivent plus les aériennes, même à l'aide d'un cornet acoustique, il est quelquefois utile de vertir ces ondes aériennes en ondes de corps solides, et de faire entendre ce par le contact du corps solide. Ce qu'il y a de mieux pour cela, lorsqu'il s'a procurer le moyen d'entendre la voix d'autrui, c'est de faire parler dans un d'où part une verge, que le sourd saisit entre ses dents ou applique cont bouchon placé dans son oreille (1).

VI. Propriétés acoustiques du labyrinthe.

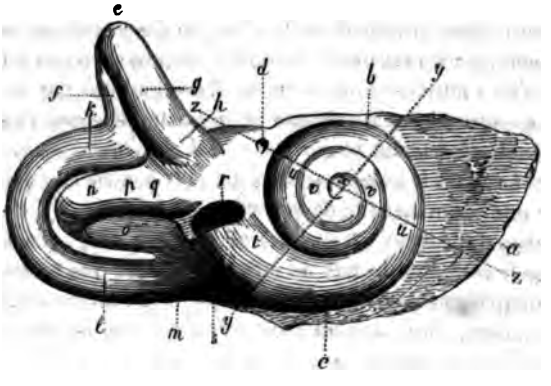
A. Eau du labyrinthe.

Parmi les dispositions acoustiques du labyrinthe, il en est une, la plus gé de toutes, et qui ne manque jamais, à laquelle nous devons d'abord con

(1) *Cons.* à ce sujet Chladni, *Akustik*, p. 262, 286, et Lincke, *loc. cit.*, p. 530.

› attention : je veux parler de l'eau du labyrinthe. Dans tous les cas, en effet, ibrations sont converties en vibrations de l'eau avant de rencontrer les nerfs ifs. Pourquoi la nature a-t-elle évité, chez le plus grand nombre des animaux, ansmettre à ces nerfs les ondes sonores communiquées aux os de la tête, employer entre eux et ces derniers l'intermédiaire de l'eau ? Chez les ani- : aériens on en découvre tout de suite la raison : c'est que la transmission des s sonores de l'air aux parties solides de la tête présente trop de difficultés, s que celle de l'air à l'eau, par le moyen d'une membrane tendue, est au aire très facile, soit que la membrane elle-même se trouve en contact avec , soit qu'elle n'agisse sur elle que par l'intermédiaire d'un corps solide, limité ıbile. Mais cette explication ne convient point aux animaux qui vivent dans La communication des vibrations de l'eau à des corps solides, et par consé- t aux os de la tête (comme chez les poissons osseux), est facile. Cependant, e ici, les vibrations des os de la tête sont également réduites en vibrations de du labyrinthe, pour se transmettre ensuite de ce liquide aux nerfs auditifs. it donc y avoir une cause plus générale; nous la trouverons vraisemblable- dans ce qui suit. Le but final de l'organe auditif est une communication lète des ondes d'ébranlement aux fibres nerveuses. Celles-ci étant, comme es nerfs, molles et pénétrées d'eau, la transmission des ondes impulsives de s solides à ces organes mous serait déjà en partie une réduction à des vibra- d'eau. Mais, indépendamment de la mollesse dont les nerfs sont redevables à qui les imbibe, les interstices de leurs fibres, de même que ceux de toutes arties molles, sont remplis de liquide, de sang ou de liquide du tissu cellu- Quand la propagation des ondes d'impulsion a lieu de l'eau du labyrinthe ibres du nerf au- le milieu de la prochaine trans- on est homogène celui qui occupe s les porosités et les interstices du ui-même (1). Il le là que la vibra- des particules de nier est beaucoup homogène qu'elle serait si ses sur- se trouvaient seu- it en contact avec

Fig. 176.



La figure 176 représente, d'après Arnold, le labyrinthe de l'enfant nouveau-né, vu du n tympan, trois fois plus grand que nature. *a*, sommet du rocher; *b*, bord supérieur; l inférieur; *d*, ouverture interne du canal de Fallope; *e*, canal demi-circulaire supérieur; jambage interne; *g*, son jambage antérieur; *h*, ampoule de ce jambage; *i*, canal demi- ire postérieur; *k*, son jambage supérieur; *l*, l'inférieur; *m*, ampoule; *n*, canal demi- ire externe; *o*, son jambage interne; *p*, l'externe; *q*, ampoule; *r*, fenêtre ovale; *s*, fe- ronde; *t*, promontoire; *uu*, premier tour du limaçon; *vv*, second tour; *w*, demi-to sale du limaçon.

des parties solides, car alors celles de ces molécules qui toucheraient à des parties solides auraient une autre contiguïté que celles qui seraient placées plus avant dans l'intérieur même du nerf, et par cela même éloignées de la surface mise en rapport immédiat avec les parties solides. Muncke dit, eu égard à l'eau du labyrinthe, que l'eau, bien qu'incapable d'engendrer du son, le conduit parfaitement, et même mieux que ne le fait l'air. Je ne saurais accorder cela, et il ne peut s'agir ici que de la vitesse de la propagation ; car l'air et l'eau sont les corps qui propagent leurs propres ondulations avec le moins d'affaiblissement possible.

Les aqueducs, comme on les nomme, me paraissent devoir n'occuper aucune place dans la physiologie de l'ouïe. Ils ne contiennent ni canaux membraneux, ni liquides, ni même aucun tronc veineux ; ce ne sont que de simples communications entre le périoste et la dure-mère d'une part, le périoste intérieur du labyrinthe de l'autre.

Il y a trois degrés dans le développement du labyrinthe : 1° simple vestibule, avec une vésicule ; 2° vestibule avec des canaux semi-circulaires, et conformation analogue du labyrinthe membraneux ; 3° le degré précédent avec un limaçon.

D. Vestibule. Canaux semi-circulaires.

Ordinairement on assigne pour fonction aux canaux semi-circulaires, avec Scarpa, de recueillir les ondes des os de la tête. Quand il s'agit de canaux, on a trois choses à considérer, l'aptitude de leur contenu à résonner, la propagation condensée dans leur intérieur, et la résonnance de leurs parois.

En ce qui concerne d'abord la résonnance du contenu d'un tuyau, il faut lui refuser toute espèce d'importance dans le labyrinthe, puisque l'eau, étant limitrophe à des corps solides, ne possède vraisemblablement point en soi de résonnement notable provenant de la réflexion des vagues par ses limites. Elle paraît également apte à rassembler les ondes sonores de corps solides. Si je versais de l'eau dans les gouttières d'une table de dissection qui ont de nombreuses communications ensemble, et qu'ensuite je misse un diapason vibrant à l'extrémité de cette table, le conducteur plongé dans l'eau seulement ne me faisait pas entendre le son plus fort dans le liquide, que quand je le mettais en contact avec de l'eau répandue sur une petite étendue de la surface de la table. Je fis percer dans une planche épaisse des canaux parallèles à sa surface ; cette planche pouvait être introduite dans le côté d'un baquet de bois, de manière que les ouvertures des canaux communiquassent avec la cavité du baquet : je remplissais d'eau ce dernier, et par lui les canaux, puis, avec un sifflet fermé par une membrane, j'excitais les ondes sonores dans l'eau du vase ; le conducteur ne me faisait pas entendre le son plus faible quand les trous de communication des canaux avec le baquet étaient clos par des bouchons que lorsqu'ils étaient ouverts.

On se demande maintenant jusqu'à quel point un tuyau plein d'eau peut être comparé avec un tuyau de communication conducteur de son et plein d'air. On sait que, dans ce dernier, le son se propage sans que son intensité subisse presque aucun changement, parce que les ondes de l'air se communiquent difficilement aux parois solides du tuyau, et qu'elles éprouvent aussi une réflexion aux courbures. Il en est tout autrement dans un tuyau plein d'eau qui conduit des ondes

onores aqueuses; quelque peu de réflexion a bien lieu aussi dans l'eau ; mais elle-ci abandonne bien plus facilement ses ondes à des corps solides qu'à l'air, et a force de l'ébranlement qui marche suivant une certaine direction dans l'eau ne e maintient que jusqu'à une très petite distance dans des tuyaux pleins d'eau. ainsi, par exemple, si j'unissais le bout fermé par une membrane du sifflet d'un ied avec un tuyau long de quatre pouces, sur huit lignes de large, et que je le insse dans l'eau de manière que la membrane fût tout entière en contact avec le iquide, le son de la colonne d'air ébranlée par le souffle s'entendait bien avec lus de force, au moyen du conducteur, à l'extrémité du tuyau, et par conséquent u bout d'une longueur de quatre pouces, que dans le reste de l'eau, avec plus le force que dans le liquide baignant le côté extérieur du tympan de communication ; mais, quand la longueur de ce dernier tuyau était d'un pied, il me devenait mpossible d'apercevoir dans l'eau du bassin, à l'extrémité du tuyau, un son plus ort que dans les autres points du liquide. J'unis aussi deux baquets par le moyen l'un tube de verre long de six pieds, et je n'obtins rien d'analogue à l'effet d'un uyau de communication ; le son n'était point entendu plus fort à l'extrémité du ube dans l'eau que quand j'approchais le conducteur des parois résonnantes du baquet.

Il suit de là qu'avec les canaux semi-circulaires on doit compter sur quelque peu d'intensité de plus de la transmission du son dans la direction de leur courbure, mais que cette propagation non affaiblie n'est pas à beaucoup près aussi parfaite que dans des tuyaux remplis d'air.

Une condensation, mais très légère seulement, résulte de ce qu'une même onde qui pénètre dans le vestibule par la branche de son canal, rebrousse chemin par la branche opposée avec une partie de son impulsion. Th. Young a fait le calcul.

Si l'impulsion arrive, non par les fenêtres, mais par les os de la tête, comme chez les poissons, et en partie aussi chez nous, ce degré de condensation par les canaux semi-circulaires aura lieu également.

Enfin il faut encore avoir égard, dans les canaux semi-circulaires, à la résonance des os de la tête par les vibrations de l'eau du labyrinthe ; car, au voisinage le parois solides plongées dans l'eau et auxquelles des ondes sonores sont communiquées, celles-ci sont toujours plus fortes qu'elles ne le sont, toutes choses égales 'ailleurs, dans le reste de l'eau. Il va sans dire que le conducteur ne doit pas oucher les parois elles-mêmes. Quand deux parois qui résonnent dans l'eau sont pprochées l'une de l'autre, les ondes du liquide entre elles ont naturellement plus e force encore. On peut s'en convaincre dans l'appareil qui vient d'être décrit, planche percée de canaux et mise en communication avec un baquet d'eau. Si on tient le conducteur, dans l'intérieur du canal de la planche, écarté du baquet, son communiqué à la planche par un diapason est étendu avec un peu plus de orce que quand, la distance des parois du baquet restant la même, on rapproche conducteur. Il faut, dans ces cas, pour arriver à un résultat rigoureusement omparatif, avoir soin que la portion du conducteur qui entre en contact avec 'eau soit toujours de même longueur ; car le son devient plus fort lorsqu'on enonce le conducteur à une plus grande profondeur.

Si maintenant on admet que les canaux semi-circulaires membraneux sont

état de rassembler la résonnance des os de la tête dans l'eau, et de mieux conduire dans la direction de leur arqûre que dans celle de l'ébranlement, le renforcement profitera aux ampoules et au sinus commun, où le nerf s'épanouit.

Cet effet doit devenir beaucoup plus fort encore en raison du contact plus intime des canaux membraneux avec les canaux solides. Mais un fait important pour la physiologie de l'ouïe nous conduit aussi à assigner aux canaux semi-circulaires membraneux un concours indépendant des parties solides qui les entourent, et ce fait est que les canaux semi-circulaires de la lamproie ne sont nullement isolés par des parties solides enveloppantes, qu'ils sont situés dans la même capsule solide que le sinus commun.

Autenrieth et Kerner admettaient que les différents canaux peuvent indiquer au nerf la direction du son. Mais, si l'on excepte l'action plus forte sur l'une des oreilles, et la différence d'intensité du son suivant la direction du conduit auditif et de la conque, la direction du son paraît ne point être un objet de la sensation. Et quand bien même nous serions en état de distinguer la direction de l'ébranlement des particules vibrantes, il y aurait toujours deux de ces directions, et en sens inverse, car les particules vibrent aussi en arrrière, et leurs vibrations d'arrière en avant et d'avant en arrière alternent d'une manière régulière dans un son.

Les pierres auditives contenues dans le labyrinthe des poissons et des reptiles ichthyomorphes (1), et la bouillie cristalline qu'on trouve dans celui des autres animaux, devraient fortifier le son par résonnance, même quand ces corps ne toucheraient pas les membranes sur lesquelles les nerfs s'épanouissent. Mais ces corps touchent les parties membraneuses du labyrinthe ; les parties membraneuses et le nerf reçoivent donc de ces parties solides, et en raison de l'étendue des points de contact, des ondes impulsives, qui ont plus d'intensité que celles de l'eau ; car lorsqu'on plonge la main seule dans l'eau, on ne sent point les vibrations que celle-ci éprouve en conduisant le son, tandis qu'on les perçoit quand on tient un morceau de bois à la main.

Tel me paraît être le véritable usage de la bouillie cristalline et des pierres auditives. On ne saurait justifier, physiquement parlant, l'assertion que la poussière cristalline est rejetée par les parois, pendant l'audition, comme la poussière se trouve lancée à la surface des plaques et des membranes vibrantes ; car jamais on ne voit les corpuscules contenus dans l'eau exécuter le moindre mouvement pendant la transmission du son à travers ce liquide.

Des expériences directes ne sont point faciles à faire. Je renfermai de l'eau et du sable dans un morceau de vessie de cochon humectée, et je fis du tout une espèce de petit sac, que j'aplatis, pour imiter le labyrinthe membraneux avec la bouillie cristalline, et j'examinai, avec le conducteur, son action sur les ondes sonores excitées dans l'eau par le sifflet. Le sachet fut tenu dans le liquide entre le bout du sifflet et le conducteur, sans qu'il touchât ni l'un ni l'autre. Le son fut

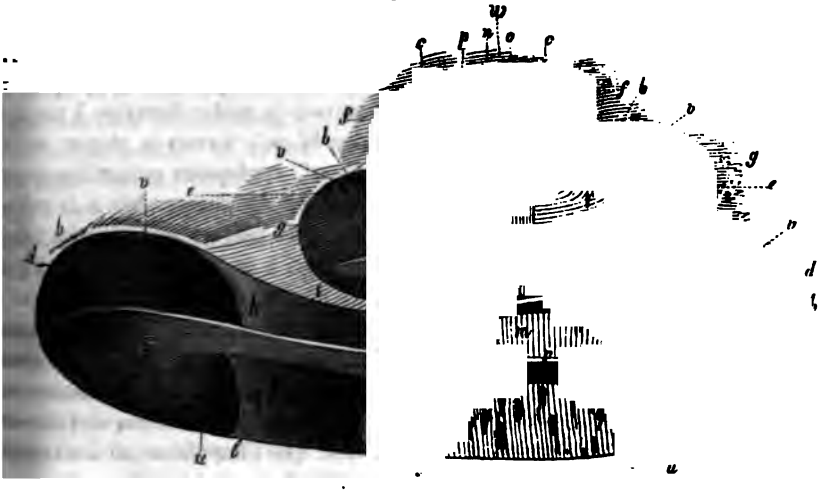
(1) Les otholithes des poissons osseux ont une structure analogue à celle de l'émail des dents. Ceux de l'ammodyte sont formés de couches concentriques, dans lesquelles on reconnaît, au premier coup d'œil, une structure fibreuse régulière. Si, après avoir poli les lamelles, on les traite par l'acide chlorhydrique, on voit que les couches résultent d'un assemblage de petits corpuscules pointus, semblables à ceux que j'ai décrits dans l'émail non encore durci. — *Voy.* POGGENDORFF's *Annalen*, p. 38.

us fort que si, toutes choses égales d'ailleurs, le petit sac n'eût point été là. Toutefois je remarquai, dans une contre-expérience, que ce petit sac membraneux lati, contenant de l'eau seulement, sans sable, fortifiait également le son par sonnance. Je n'ai pas pu m'expliquer à quoi tient la résonnance de parties membraneuses dans l'eau. L'humérus d'un oiseau, dépouillé de ses sels calcaires, et is en contact avec de l'eau, en dehors comme en dedans, ne montra presque s de résonnance : il en fut de même d'un morceau d'intestin de veau rempli 'eau, et quand j'excitais un son dans l'eau, les choses se passaient absolument a la même manière, soit que le conducteur fût appliqué à un long lambeau d'intestin, soit que, la distance du point d'origine du son restant la même, il le fût à n court lambeau plongé dans le liquide.

C. Limaçon.

Il faut avoir égard, en étudiant l'acoustique du labyrinthe, à la direction que suit la propagation de l'ébranlement et des ondes dans l'eau et les parties solides de cette région de l'oreille (1). Les recherches de Savart sur la transmission des ondes

Fig. 177.

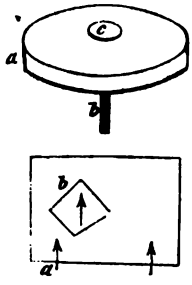


ulsives de corps solides à l'eau, et de l'eau à des corps solides, peuvent être appliquées ici. Cette transmission paraît s'accomplir de la même manière absolument dans d'autres milieux. Supposons que *a* soit un vase plein d'eau, *b* une verge

(1) La figure 177 représente, d'après Arnold, le limaçon gauche de l'homme adulte, ouvert par le sommet du rocher, douze fois plus grand que nature. *a*, base du limaçon ; *b*, corps du limaçon ; *c*, cupule du limaçon ; *dd*, premier tour ; *ee*, second tour ; *ff*, demi-tour ; *gg*, canal externe du canal cochléen ; *hh*, paroi interne, *ii*, parois intermédiaires séparant les rampes ; *k*, fin de la paroi entre le second et le troisième tour appelée *lamina modioli* ; *l*, base du *modiolus* ; *m*, son corps ; *n*, son sommet ; *o*, bord semi-lunaire ; *p*, bord annexé à la cupule ; *q*, trous du *modiolus* ; *r*, lame spirale qui commence (*s*) dans le vestibule, et offre en dehors un crochet ; *u*, rampe tympanique ; *v*, rampe vestibulaire ; *w*, fin en cul-de-sac du canal cochléen.

fixée à son fond (fig. 178), et *c* une plaque de bois flottante sur le liquide, les ondes longitudinales qui viennent à être excitées dans la verge se transmettent, au travers de l'eau, à la plaque, suivant la même direction, comme l'indique le sautillement du sable à la surface de cette dernière. En outre, *a* étant un vase plein d'eau, et *b* une plaque qui flotte sur celle-ci, mais dont les bords sont obliques aux parois du vase *a*, si l'on passe un archet de violon sur les parois, de manière à les faire vibrer dans la direction des flèches, l'ébranlement se transmet par l'eau à la plaque, et ensuite par celle-ci, en conservant la même direction, de sorte que l'obliquité des bords de la plaque par rapport à la direction du son ne change rien à la direction dans laquelle ce dernier se propage. La transmission a donc lieu absolument, dans le premier cas, comme si la verge *b* faisait corps avec la plaque *c*, et dans le second cas comme si la paroi *a* était unie par une verge à la plaque *b*, dont la surface lui est perpendiculaire. Ainsi les lois de la propagation de l'ébranlement à travers des plaques qui se rencontrent sous des angles s'appliquent aussi au labyrinthe.

Fig. 178.



Des faits précédemment exposés, il suit que *a*, *b*, *c* et *d* étant des plaques unies ensemble, lorsqu'on communique des ondes sonores à la plaque *a*, dans la direction de la flèche, ces ondes se propagent en suivant la même direction à travers la tige *bd* qu'à travers la plaque supérieure *cc'*. Appliquons ceci au limaçon. La tige *bd* est comparable à la columelle, et les plaques transversales correspondent à la lame spirale. Si, à la figure 179, on substitue la figure 180, l'analogie saute encore davantage aux yeux. En quelque direction donc que des ondes sonores soient communiquées, ou à la columelle, ou à la lame spirale elle-même, la direction de l'ébranlement demeurera constamment la même, soit que l'impulsion ait été transmise des os de la tête à la columelle ou aux parois du limaçon, et de celles-ci à la lame spirale, soit qu'elle l'ait été d'une de ces parties à l'eau du labyrinthe. Quant à ce qui concerne les vibrations partant de l'eau du labyrinthe, la fenêtre ovale est dirigée de telle manière qu'une ligne perpendiculaire tirée sur son champ marche presque parallèlement à la columelle du limaçon, d'où il suit que les ébranlements qui partent de cette fenêtre excitent vraisemblablement, dans les parties solides du limaçon, des secousses ayant la même direction que la columelle; c'est-à-dire que ce sera la lame spirale qui aura le plus de facilité à vibrer, dans toute son étendue, suivant une direction presque perpendiculaire à sa surface. Je reconnais aisément, à l'aide du conducteur, la direction de l'ébranlement dans des plaques qui se communiquent un son au milieu de l'eau; le son est toujours plus fort lorsque le conducteur est placé sur les plaques dans une direction parallèle à celle suivant laquelle a lieu la propagation de l'ébranlement.

Fig. 179.

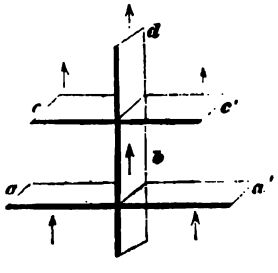
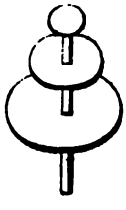


Fig. 180.



is l'exposé qui précède, les diverses parties du limaçon ont été considérées
e étant affectées simultanément, ou à peu près, par l'ébranlement. Il reste
nant à savoir s'il ne pourrait pas aussi s'opérer une transmission successive
ranlement le long des spires du limaçon, c'est-à-dire depuis le vestibule ou
être ronde jusque dans la cupule, de manière, ou que l'eau la propageât
sivement par les rampes, ou que cette succession eût lieu le long de la ligne
. Comme le canal du limaçon, et avec lui la lame spirale, présentent une
ur considérable, puisque les tours ont dix-huit à dix-neuf lignes au pourtour
ur, il pourrait se faire, dans le cas où la propagation de l'ébranlement
mplirait le long des tours du limaçon, que celui-ci fût destiné à prolonger
ession : mais cette hypothèse est fort douteuse. Une propagation semblable
t avoir lieu, par l'air, dans un tuyau roulé sur lui-même. Au contraire, la
avec laquelle l'ébranlement se communique de l'eau à des parties solides
e la transmission successive des spirales d'eau logées dans un corps solide
naintient pas pure, et que les ondes, en partant du commencement des
passent presque aussi aisément à travers la columelle, dans une autre partie
irs. Ce mode de transmission n'est guère possible non plus par la lame spi-
uisqu'elle se continue avec les parois solides du limaçon, et qu'elle a tout
de facilité à communiquer les ondes qu'elle reçoit aux parois du limaçon et
lumelle qu'à les conduire elle-même plus loin. Mais les ébranlements com-
ués à la columelle et aux parois du limaçon rencontreront d'autres parties de
e spirale, indépendamment de la propagation qui a lieu dans cette lame elle-
. Il n'y aurait qu'un seul moyen pour que l'onde impulsive pût suivre le
lu limaçon : ce serait que ce canal ne tournât pas sur lui-même, et qu'il fût
é en ligne droite, dans toute sa longueur et dans la direction du son.
rès cela, il est certain qu'on ne peut point compter sur cette marche non
ée de l'ébranlement dans l'eau du limaçon et à la surface de la lame spirale.
urs il serait plus nuisible qu'utile à la netteté de la sensation que les ébran-
ts parcourussent ainsi une étendue d'un pouce et demi de parties riches en
; car, pendant ce trajet des ondes, certaines particules du nerf se trouve-
au maximum d'ébranlement et de condensation, tandis que d'autres n'au-
point encore atteint leur maximum, comme dans le retentissement. Les
du limaçon doivent bien plutôt, en resserrant le canal de l'organe dans un
espace, obvier à cet inconvénient, en supposant qu'il pût avoir lieu.
lame spirale du limaçon doit donc être considérée comme une plaque portant
ores épanouies, sur laquelle toutes les fibres du nerf reçoivent presque simul-
ent l'onde sonore, et atteignent simultanément leur maximum de conden-
, puis leur maximum de raréfaction. D'après cette théorie, il serait, en gé-
à peu près indifférent que les fibres nerveuses s'épanouissent sur plusieurs
circulaires, disposées autour de la columelle, comme dans la figure qui pré-
ou sur une même plaque contournée en hélice. Cette dernière forme, que
ure a adoptée, présente l'avantage que toutes les parties de la plaque font
ensemble, et se communiquent avec plus de facilité leurs ébranlements.
tours du limaçon ont en même temps un autre avantage, celui de réaliser,
e plus petit espace possible, la surface considérable qui était nécessaire
nsion des fibres nerveuses.

La destination finale du limaçon paraît être d'étaler les fibres nerveuses sur u lame solide, qui soit en contact tant avec les parois solides du labyrinthe et de tête, qu'avec l'eau du labyrinthe, et qui, indépendamment de cet avantage, encore celui d'être limitée. C'est de ce principe que doivent être dérivés tou avantages acoustiques.

L'union de la plaque avec les parois solides du labyrinthe rend le limaçon pre à l'audition des ondes sonores des parties solides de la tête et des pari labyrinthe. Cet usage lui a déjà été assigné par E.-H. Weber. Le labyrinthe m braneux se trouve libre dans l'eau du labyrinthe, et évidemment l'audition ébranlements communiqués à cette eau elle-même est mieux servie si, ébranlements arrivent à celle-ci par les os de la tête, comme chez les poisson les dents, comme chez l'homme qui place une montre entre ses mâchoires, par la fenêtre. Sans doute, le labyrinthe membraneux est exposé à la réson des parois solides du labyrinthe ; car les ondes sonores communiquées à l'eau toujours, comme je l'ai fait voir, entendues avec plus de force dans le voi des parois. Cependant il ne reçoit jamais immédiatement ces ondes que de l Au contraire, la lame spirale du limaçon, faisant corps avec les parois solid labyrinthe, reçoit immédiatement de ces dernières les ébranlements qui leur communiqués. Il y a là un avantage considérable, car les secousses transmis parties solides ont, toutes choses égales d'ailleurs, une force absolue plus g que celles de l'eau.

Ceci ressort en toute évidence des expériences que j'ai déjà relatées. Si, comparer l'intensité des ébranlements des corps solides et de ceux de l'eau, on pliquait d'abord le conducteur aux parties solides, puis qu'on le plongeât dans l'e on se tromperait. En effet, les ébranlements des corps solides passent, sans cha ment dans leur intensité, au conducteur mis en contact avec ces derniers, ta que ceux de l'eau ne lui parviennent qu'affaiblis dans ce liquide. Mais, si, p comparer des ondes sonores dans l'eau, au moyen du conducteur, on place dernier d'abord au voisinage de parois solides qu'il ne touche pas, puis à dista d'elles, le milieu au sein duquel s'opère la comparaison est le même dans les deu cas. Dans l'un et l'autre, le conducteur fait entendre des sons qui proviennent l'eau. Les deux sortes d'ébranlements sont ici réduits au même milieu. Or, comm même lorsqu'un son vient à être excité dans l'eau, l'eau résonne avec plus force dans le voisinage des parois du vase que dans d'autres points de son éten également distants de celui d'où le son tire son origine, il suit de là que, to choses égales d'ailleurs, les ondes sonores des corps solides agissent avec plus d tensité que celles de l'eau. D'où l'on voit tout de suite quelle est la grande u du limaçon.

Cependant le limaçon n'a pas été établi uniquement dans cette vue. Sa la spirale reçoit encore du vestibule et de la fenêtre ronde, tout aussi bien que labyrinthe membraneux, les ondes impulsives de l'eau du labyrinthe. Elle même mieux disposée pour cela, chez l'homme et les mammifères, que le la rinthe membraneux, puisque sa qualité de corps solide et limité la rend su tible de résonnance. On peut se convaincre de cet effet par une expérience. Pl t-on une plaque mince de bois dans un vase de bois plein d'eau et à parois épaisses, cette plaque, toutes choses égales d'ailleurs, résonne avec plus de

dans le liquide que ne le font les parois épaisses du vase. En effet, quand on excite des ondes sonores dans l'eau par le moyen du sifflet clos à l'aide d'une membrane, en dirigeant l'extrémité de ce dernier, dans le liquide, perpendiculairement à la plaque fixée, sans cependant la lui faire toucher, le conducteur fait entendre le son avec force partout dans le voisinage des parois de la plaque, mais à distance du point d'où le son tire son origine. Si l'on dirige le sifflet, sans rien changer à la distance, vers les parois du vase épais de bois, le conducteur donne aussi la perception d'un son fort au voisinage des parois ; mais l'intensité n'est pas la même que dans le cas précédent. Peu importe que la plaque soit fixée à un bord seulement, ou à deux bords opposés, pourvu que ses côtés soient libres et en contact avec l'eau.

Enfin on entrevoit pourquoi les fibres du nerf sont étalées les unes à côté des autres sur la lame spirale.

Plus le nerf auditif s'étendrait en couches épaisses sur les parties solides du limaçon, moins il recevrait les ébranlements de ces derniers, puisqu'il n'est pas homogène avec elles ; mais plus les couches qu'il y forme sont minces, plus les ébranlements des parties solides se communiquent avec facilité à ses fibres, qui sont en contact avec elles.

L'intensité de la communication croît, en outre, avec la surface du corps que les ondes sonores touchent. Si, après s'être bouché les oreilles, on tient le conducteur dans de l'eau où l'on excite un son, ce son augmente d'intensité à mesure qu'on enfonce le conducteur, c'est-à-dire à mesure que la surface qu'il présente à l'eau acquiert plus de largeur.

CHAPITRE III.

Des effets des ondes sonores sur les nerfs auditifs, et de l'action propre à ces derniers.

I. Effets des ondes sonores sur les nerfs auditifs.

La discussion doit partir ici des propriétés dont jouissent les ondes qui parviennent dans le labyrinthe.

On doit distinguer les qualités suivantes dans une onde impulsive qui est excitée par un corps produisant du son, et qui arrive au labyrinthe :

1° Son volume et la durée de son impression ;

2° Sa longueur ;

3° L'amplitude des excursions, ou l'étendue de l'espace que parcourent les parties vibrantes.

Le volume de l'onde est l'extension de cette onde dans la direction suivant laquelle elle marche. Le volume d'une onde dans un milieu qui transmet du son dépend, en partie, du temps que le corps vibrant d'une manière sonore emploie d'une vibration à l'autre, ou pour accomplir une vibration entière, en partie aussi de la faculté conductrice du milieu que le son parcourt. La colonne d'air

tuyau d'orgue de trente-deux pieds exécute, par minute, trente-deux doubles vibrations, ou seize ébranlements dans une même direction. Une partie des doubles vibrations produit la condensation du milieu conducteur, ou la protubérance de l'onde ; l'autre produit la moitié récurrente de la vibration, la raréfaction ou la dépression de l'onde. Comme la vitesse du son dans l'air est de 1022 pieds par seconde, la distance entre le commencement et la fin d'une onde impulsive, ou l'épaisseur d'une onde dans l'air, est de mille vingt-deux divisé par seize, ou à peu près de soixante-quatre pieds par l'*ut* du tuyau d'orgue de trente-deux pieds.

Pour l'*ut* du tuyau de seize pieds, qui a soixante-quatre doubles vibrations, ou trente-deux ébranlements dans le même sens, l'épaisseur de l'onde dans l'air est de mille vingt-deux divisé par trente-deux, ou d'environ trente-deux pieds.

Pour le son du tuyau de huit pieds (ut_3), qui a cent vingt-huit doubles vibrations ou soixante-quatre ébranlements dans le même sens, l'épaisseur de l'onde dans l'air est de mille vingt-deux divisé par soixante-quatre, ou d'environ seize pieds.

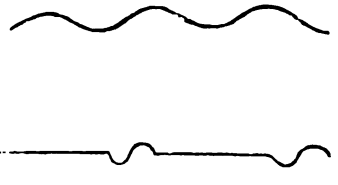
Cette longueur de l'onde dans l'air est de huit pieds pour le son du tuyau de quatre pieds (ut_2). Elle est de quatre pieds pour l'ut_3, de deux pieds pour l'ut_4, d'un pied pour l'ut_5.

La vitesse du son dans l'eau est quatre fois plus grande que dans l'air, et s'élève à quatre mille quatre-vingt-dix pieds par seconde. Donc l'épaisseur des ondes est plus considérable dans l'eau, suivant la même proportion, c'est-à-dire qu'elle est de deux cent cinquante-six pieds pour le son du tuyau de trente-deux pieds, de cent vingt-huit pour celui de seize pieds, de soixante-quatre pour ut_1, de trente-deux pour l'ut_2, de seize pour l'ut_3, de huit pour l'ut_4, de quatre pour l'ut_5. C'est donc avec cette épaisseur que les ondes traversent l'eau du labyrinthe, et l'on voit d'après cela que le peu d'ampleur de ce dernier ne permet pas que, même dans les sons les plus élevés, plusieurs ondes le traversent simultanément ; que, loin de là, généralement parlant, la protubérance d'une onde, ou son sommet, son maximum de condensation, l'a quitté, quand il est rencontré par la protubérance de l'onde suivante.

La durée de l'impression qu'une onde produit sur une particule quelconque du labyrinthe, en la traversant, dépend de la durée d'une vibration du corps qui produit le son. Cette durée est d'un seizième de seconde pour l'*ut* du tuyau de trente-deux pieds ; elle est d'un mille vingt-quatrième de seconde pour l'ut_5.

Il faut encore, pour certains cas, distinguer l'épaisseur des ondes de la distance des ondes. Quand le son est dû à des corps qui vibrent par va-et-vient, cette distance est égale à zéro, et les ondes se touchent immédiatement, comme le représente la figure ci-contre, avec cette seule différence qu'au lieu des inflexions, il faut imaginer des condensations et des raréfactions. Mais, si le son doit naissance à des ébranlements entre lesquels il y ait des mouvements de repos, le milieu conducteur est arrivé au repos, derrière une onde, avant que l'onde suivante commence, comme l'indique la seconde

Fig. 181.



ci-dessus. Cela peut avoir lieu lorsque les sons proviennent du simple choc, : dans la roue de Savart et dans la sirène. En conséquence, il peut y avoir es conditions dans lesquelles la durée de l'impression, ou celle du pas- es ondes à travers un point donné du labyrinthe, soit plus courte que les lles de temps qui séparent leur maxima.

opère, dans l'épaisseur d'une onde, une gradation insensible de la densité, le commencement jusqu'à la fin. Au commencement de l'onde, la densité ence à croître ; elle atteint le maximum à la fin du premier quart, et diminue à la moitié de sa longueur ; dans le reste de l'onde, il y a raréfaction, puis- les molécules, auparavant condensées, tendent à s'éloigner les unes des au- a raréfaction va toujours en augmentant vers le dernier quart, où elle ie de nouveau.

dis que l'onde impulsive marche dans le labyrinthe, toutes ses particules t successivement par ces degrés de condensation et de raréfaction dans la on de l'ébranlement.

ime la condensation est produite par un rapprochement, et la raréfaction éloignement des molécules, toutes les particules de l'onde parcourent en temps une certaine étendue de l'ébranlement. Cette étendue est peu consi- e au commencement de l'onde, car l'ébranlement communique un mouve- d'autant moindre aux molécules, qu'elles sont plus distantes du point pri- lement ébranlé. Dans la partie postérieure de l'onde, les molécules s'écartent es des autres, et leur vitesse y est affectée de la même différence. Au passage ide par un point du milieu qu'elle parcourt, les molécules qui se trouvent lieu éprouvent successivement une condensation croissante, puis une con- ion diminuante, et, dans la partie postérieure de l'onde, elles reviennent à le raréfaction. En même temps, la vitesse avec laquelle les molécules du se meuvent pendant le passage de l'onde à travers ce point devient succes- ent plus grande, atteint un maximum, puis se ralentit. Pendant le passage dépression de l'onde à travers ce point, la particule exécute sa vibration ente avec une rapidité d'abord croissante, ensuite décroissante. Tout cela est able au nerf auditif.

paisseur des ondes demeure la même pendant la propagation de son à toutes tances ; mais l'amplitude des excursions des particules vibrantes croît avec ré de ces distances. De la seule amplitude des excursions des particules ites dépend l'intensité ou la force du son ou de l'ouïe.

forme des ondes dans l'air est sphérique. L'organe de l'ouïe n'est rencontré ar un segment de cette sphère, qu'on peut appeler la largeur de l'onde, ou endue en surface. La largeur des ondes qui profitent à l'ouïe dépend de due en largeur dans laquelle le nerf auditif est frappé par l'onde. Les ondes rviennent de la caisse du tympan au labyrinthe, n'ont, à leur entrée dans le nthe, que la largeur de la fenêtre ovale ou de la fenêtre ronde ; mais, à partir point, elles s'étalent.

II. Distinctions des sons.

araît suffire, pour la sensation du son, d'un simple ébranlement communi rf auditif, comme par une explosion, par la division de l'air, par la réunion

deux couches séparées d'air, dans le bruit du fouet, etc. Rien, du moins, ne s'oppose à ce qu'on adopte cette manière de voir, et Chladni la trouve vraisemblable, quoiqu'on doive avouer que même un simple ébranlement détermine des ondes dans l'air. Nul doute que la perception de l'ébranlement comme son ne dépende le plus souvent de plusieurs ondes. Cependant la question peut être soulevée de savoir si, dans le son qui provient d'une succession d'ébranlements, chacun de ces derniers ne doit pas avoir une force telle qu'on l'entendît comme son s'il était seul, et si une succession d'ébranlements faibles, dont chacun, s'il était isolé, ne ferait aucune impression sur l'oreille, est entendue. Le problème n'a point été examiné jusqu'à présent, et les moyens de le résoudre paraissent manquer.

D'une succession rapide de plusieurs ébranlements séparés par des intervalles inégaux naît un bruit ou un fracas, de même qu'une succession rapide de plusieurs ébranlements entre lesquels se trouvent des intervalles égaux, donne un son déterminé, dont l'élévation croît avec le nombre des ébranlements dans un temps donné. On peut rendre ce phénomène sensible avec la sirène de Cagniard-Latour et avec la roue de Savart. Un son déterminé se produit aussi quand chacun des ébranlements qui se succèdent avec régularité est composé de plusieurs ébranlements, qui produiraient déjà un bruit par eux-mêmes, ou d'une succession régulière et suffisamment rapide de bruits. Or c'est précisément ce qui arrive dans les sons produits par les appareils qui viennent d'être indiqués. Car ici chaque ébranlement, pris en particulier, est déjà un bruit complexe, que l'on distingue avec facilité, alors même que la réduction des bruits en une seule somme fait naître l'impression d'un son d'une valeur déterminée.

Ici on se demande combien au moins il faut d'ébranlements successifs pour donner la sensation d'un son déterminé et comparable. D'après les recherches de Savart', deux ébranlements, ou l'équivalent de quatre vibrations, suffisent pour cela. En effet, si les ébranlements sont causés par le choc des dents d'une roue contre un corps, on peut supprimer successivement toutes les dents de la roue jusqu'à n'en laisser que deux, sans qu'il cesse de se produire un son ayant sa place déterminée dans la gamme. Lorsqu'une roue armée de deux mille dents, qui fait une révolution sur elle-même dans l'espace d'une seconde, se trouve réduite à la moitié de ce nombre de dents sur une moitié de la roue, on conçoit que l'intervalle des ébranlements ne change pas pour cela ; or on peut continuer d'enlever des dents jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que deux, et, si la roue continue de se mouvoir avec la même rapidité, c'est-à-dire d'accomplir une révolution sur elle-même dans l'espace d'une seconde, le son résultant des deux ébranlements peut encore être comparé avec celui d'un instrument, de manière à reconnaître si tous deux sont à l'unisson.

Si, au contraire, on réduit les dents d'une roue à une seule, on n'entend plus le son déterminé, mais seulement le bruit que cette dent produit, en supposant la rotation de la roue assez rapide pour que l'intervalle d'un des chocs donnés par la dent unique au choc le plus prochain ne soit pas plus considérable que ne l'exige l'intervalle des ébranlements du son déterminé.

Lorsque les sons sont excités par des vibrations dont l'une commence régulièrement lorsque la précédente a cessé, on pourrait être dans le doute de savoir si l'acuité du son ne dépend pas de la longueur de l'onde, ou d'une autre qualité de

lernière. Mais les expériences faites avec la roue de Savart prouvent que tion ou l'acuité du son ne dépend en aucune façon de la constitution des

Dans les sons produits par la roue, les ébranlements que donnent à l'air cs du corps soulevé par les dents de celle-ci sont parfaitement égaux, que tourne sur elle-même avec rapidité ou avec lenteur ; seulement l'intervalle anlements est inégal.

roblème du maximum et du minimum des intervalles des ébranlements qui mparables comme sons, a été résolu aussi par Savart d'une manière plus ante et plus exacte qu'il ne l'était avant ce physicien. L'intensité étant con-, on entend encore des sons qui correspondent à quarante-huit mille vibra-ar seconde, ou à vingt-quatre mille ébranlements, et tout porte à croire n'est même pas là l'extrême limite des sons les plus aigus perceptibles à Trente-deux vibrations simples par seconde ne sont pas non plus la limite e des sons les plus graves, comme on l'avait admis, car Savart est parvenu entendre des sons qui ne comportaient que quatorze à dix-huit vibrations , ou sept à huit ébranlements par seconde : il est même probable que des ns graves encore seraient accessibles à l'oreille, si les ébranlements avaient rée suffisante. La durée qu'un ébranlement doit avoir pour être entendu tivement d'autant plus courte que le son a plus d'acuité, parce que l'inter-tre les deux ébranlements, dans les sons aigus, diminue en proportion cor-lante. Il faut donc que, pour les sons les plus graves perceptibles à l'ouïe, e des ébranlements soit d'autant plus longue qu'ils ont plus de gravité. Pour une durée plus longue aux ébranlements dans les sons les plus graves, employait une roue à deux ou quatre rayons libres, qui, en passant entre ttes, sans y toucher, produisent, pendant la rotation de la roue, par la sation et la raréfaction qu'ils déterminent dans l'air, de forts ébranlements, ibles d'être entendus chacun en particulier, mais qui, en s'additionnant, ltre l'impression d'un son lorsque la roue tourne avec une rapidité suffi-Du reste, les appareils de Savart permettent de se livrer à des calculs ri-s, puisqu'ils sont accompagnés d'un compteur dont on peut arrêter à volonté olutions.

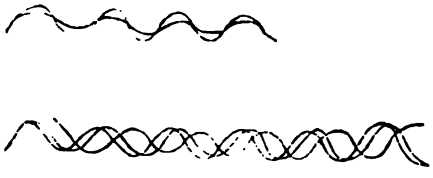
rt a pu se convaincre aussi, en retranchant une ou plusieurs dents à une rnante, que la durée de l'impression sur les nerfs auditifs l'emporte sur s ébranlements, ce qui a lieu également pour la lumière : car l'enlèvement lent ne produit pas d'interruption dans le son. Quant à la durée de cette ation d'impression, il est difficile de la déterminer, l'impression ne s'effa-e d'une manière insensible.

III. Audition de plusieurs sons simultanés.

lus simple de tous les cas de cette espèce est l'audition de deux sons simul-ui sont à l'unisson. En pareille circonstance, les intervalles sont égaux ; ima des ébranlements tombent les uns sur les autres, ce qui a lieu rare-ou n'y tombent pas. Dans le premier cas, il s'opère des condensations plus comme la figure 182 le rend sensible à la vue; dans le second, les maxi x ou plusieurs sons à l'unisson marchent en formant une série, à la suite

uns des autres, comme dans la seconde figure, de manière que les membres des séries se correspondent, et que les intervalles restent les mêmes. Cette disposition ne peut en rien porter le trouble dans l'audition. Ici se range aussi la résonnance ; car les ondes résonnantes et primaires, étant égales entre elles, se comportent exactement comme les ondes de plusieurs sons à l'unisson qui seraient primairement donnés. La figure ci-contre peut donc aussi servir d'image pour la simultanéité d'ondes primaires et résonnantes. Dans la production du timbre, les ondes du son se croisent avec des ondes accessoires.

Fig. 182.



L'audition de deux sons simultanés qui n'ont pas le même nombre de vibrations doit être plus difficile que celle d'un son unique ; car la comparaison des intervalles présente des difficultés, en raison de ce que les maxima des vibrations de l'un tombent dans les vibrations de l'autre. En effet, si les deux sons *a* et *b* sont entendus avec les intervalles indiqués dans la figure 183, des deux séries d'intervalles marqués les uns au-dessous des autres résulte la série composée *c*. Si les sons doivent naissance à deux roues dont les dents se ressemblent pour la forme, les ébranlements particuliers eux-mêmes sont égaux, et le mode d'ébranlement ne peut point être la cause pour laquelle on entend l'un des sons percer pour ainsi dire à travers l'autre. Cependant l'oreille distingue très bien les deux sons simultanés, comme je m'en suis convaincu par l'expérience. Cette distinction doit donc alors aussi dépendre de la perception des intervalles de l'un et de l'autre son dans la série des ébranlements. Donc, pendant que la série composée entière des ébranlements s'écoule, l'oreille a la faculté de distinguer entre les ébranlements *b*, les maxima des ébranlements *a*, séparés par des intervalles égaux, et *vice versa*, parce qu'ils reviennent toujours. Les intervalles, plus petits encore, qui doivent provenir du croisement des deux séries, échappent à l'audition, parce qu'ils ne reviennent point d'une manière régulière, et qu'il y a beaucoup d'inégalité entre eux, en raison de leur situation. Cette distinction a de l'analogie avec celle que notre œil parvient à établir dans le cas d'images composées. Dans la figure 184, les triangles principaux, l'hexagone du milieu et les petits triangles de la périphérie arrivent tous ensemble à l'intuition ; mais il dépend de l'esprit que telle ou telle impression soit instantanément la plus vive. La même chose arrive dans l'hypothèse de deux ou d'un grand nombre de sons ; l'esprit perçoit alors tels ou tels intervalles donnés avec plus d'intensité ou plus clairement que les autres. C'est là ce qui nous rend capables de distinguer les sons d'un instrument au milieu de tout un orchestre, faculté à laquelle contribue naturellement d'une manière puissante la différence qui existe entre les divers instruments par rapport au timbre.

Fig. 183.

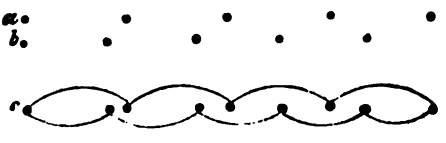


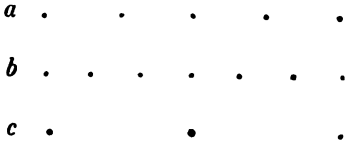
Fig. 184.

que les ébranlements de leurs sons se font remarquer par des accessoires. Fig. 185.

n cas qui présente un intérêt particulier, c'est celui dans ux sons se trouvent presque à l'unisson, sans toutefois y être ent, de manière, par exemple, que l'un fait cent et l'autre ébranlements par seconde. Alors les ébranlements de l'un peu à peu le devant sur ceux de l'autre, jusqu'à ce qu'enfin ent de nouveau ensemble à chaque seconde. Les maxima des nts sont placés à la plus grande distance possible l'un de ndant la moitié d'une seconde ; il arrive même que la raré- l'un et la condensation de l'autre se couvrent ou s'effacent ement, comme la figure 185 le représente pour deux ondes ; es les secondes, les maxima des deux sons se couvrent ou se Depuis le commencement jusqu'au milieu de la figure, l'in- son diminue, parce que la portion de la condensation de l'un e la raréfaction l'autre devient peu à peu de plus en plus le, jusqu'à ce qu'enfin un point arrive où elles se neutralisent ement ; après quoi le son s'accroît à mesure que la raréfac- un s'éloigne de la condensation de l'autre, jusqu'à ce que, à rémité, il n'y ait plus de nouveau que les condensations qui nt. Il devrait donc, à proprement parler, y avoir un moment complet au milieu. Comme nulle interruption n'a lieu, que le son a moins de force en ce moment qu'en tout autre, ce peut aussi servir de preuve pour démontrer que la durée ession exercée sur les nerfs auditifs l'emporte sur celle de la is, si deux sons simultanés sont presque à l'unisson, sans y être ent, outre la valeur déterminée du son, on perçoit une aug- et une diminution flottantes de son intensité. C'est ce qu'on battement, phénomène qu'il est facile de remarquer quand deux cordes du sonomètre qui ne sont point parfaitement à

ons simultanés, entre les vibrations desquels règne un rap- le, comme celui de 2 à 3, de 3 à 4, de 4 à 5, et dans les- coïncidence de deux ébranlements se reproduit avec une uffisante, produisent, par l'effet de icidence, un troisième son subjectif, idant a aussi ses causes hors du sujet. s que le son *a* fasse deux vibrations que le son *b* en fait trois ; si les ébran- é l'un et de l'autre ont commencé en- ur coïncidence se répète chaque fois

Fig. 186.



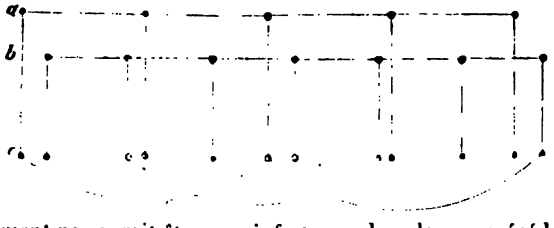
ix intervalles du premier et après trois du second, ce qui fait que l'oreille ssi à part les ébranlements plus forts *c*, avec des intervalles plus grands, et nt un troisième son, ou le son de Tartini. La figure rend le phénomè- le à l'œil : seulement il faut remarquer que les points indiquent, non lements, mais seulement leurs *maxima*, et qu'on doit se figurer les *ma*

de la raréfaction dans le milieu de l'intervalle qui sépare les points. On peut produire ces sons, tant avec des instruments à cordes qu'avec des instruments à vent, pourvu que les sons soient suffisamment forts et soutenus. La corde $ré_3$ d'un violon étant montée en mi_3, et attaquée d'une manière soutenue par l'archet en même temps que la corde la_3, on produit le son la_1. De même, on obtient ut_2 avec ut_4, et mi_4, ou sol_2 avec si_4 et $ré_4$. Dans certaines circonstances, il se manifeste encore un second son de Tartini, ce que la théorie faisait déjà prévoir, et ce qui a été observé par Blein.

Dans l'exemple précédent, il a été supposé que les deux sons commençaient exactement ensemble, ou faisaient leur premier ébranlement au même moment. S'il n'en est pas ainsi, une coïncidence parfaite des ébranlements ne pourra avoir lieu, et il y aura seulement un maximum d'approximation à des moments déterminés, c'est-à-dire que l'un des sons parviendra au maximum de son ébranlement quand l'autre n'aura pas encore atteint le sien, ce qu'exprime la figure suivante :

Les séries *a* et *b* ont les mêmes intervalles que dans l'exemple qui précède ; *a* fait deux vibrations tandis que *b* en accomplit trois. Des deux séries provient la série composée *c*. Mais cette approximation des *maxima*, dès qu'elle se répète, suffit pour être perçue et pour produire le son de Tartini, qui seulement ne saurait être aussi fort que dans le cas précédent. Plus l'approximation des *maxima* est grande, plus le son de Tartini a d'intensité.

Fig. 187.



On conçoit en même temps, d'après cela, pourquoi il y a tant d'inconstance dans l'observation de ce son, et pourquoi l'on ne peut jamais compter sur lui en musique.

Le son de Tartini, qui est toujours plus grave que les sons primaires, doit être soigneusement distingué, comme son subjectif, des sons accessoires plus aigus des cordes, des cloches, etc., qui se font entendre indépendamment du son fondamental, et qui appartiennent aux sons de flageolet. Ceux-là ont une cause objective dans les instruments eux-mêmes qui produisent le son.

IV. Harmonie des sons. Intervalles musicaux.

Les rapports des sons dont on fait usage en musique se fondent, en partie, sur le plus ou moins de développement de la faculté que l'ouïe possède de distinguer l'impression totale d'un certain nombre de vibrations, en partie sur le plaisir que causent aux sens les rapports simples des sons les uns avec les autres quant au nombre de leurs vibrations.

Le rapport que l'oreille saisit avec le plus facilité est celui de 1 : 2 : 4 : 8, etc., c'est-à-dire le rapport du son fondamental à l'octave et aux octaves subséquentes. Des sons, dont l'un fait deux fois autant de vibrations qu'un autre dans un même

ıs de temps, se ressemblent à tel point qu'ils n'agissent sur nous que comme des pétitions l'un de l'autre. Aussi le rapport de deux sons n'éprouve-t-il pas d'alation essentielle lorsqu'on rend l'un d'eux plus aigu ou plus grave d'une ou de ısieurs octaves. Un autre rapport, également facile à apprécier, et agréable parce 'il est simple, est celui de 2 : 3, ou du son fondamental à la quinte, et celui de 5, ou du son fondamental à la tierce. Si l'on désigne le son fondamental par 4, ierce est par conséquent 5, la quinte 6, et l'octave 8. Prend-on 1 pour son fonnental, on a

ut_2	mi_2	sol_2	ut_8
1	5/4	3/2	2
son fondamental	tierce	quinte	octave,

ıtre sons qui, pris ensemble, forment l'accord le plus simple et le plus efficace ; trois premiers seuls en donnent déjà un fort agréable.

ıais la musique n'en est point restée là. Il y a encore d'autres rapports de sons sont susceptibles d'être saisis facilement et de flatter l'oreille. Le son dont l'oc- ut_2 est la quinte, ou dont 3 : 2 exprime le rapport, est 4/3 ou fa_2, et il y a en séquence un rapport tout aussi simple entre lui et le son fondamental ut_2 qu'en- lui et l'octave ut_2; la tierce de sol_2 est de 15/8 ou si_2.

ut_2	mi_2	fa_2	sol	si_2	ut_3
1	5/4	4/3	3/4	15/8	2.

Entre ut_2 et mi_2 se trouve encore un son qui se comporte comme quinte à ard du sol de l'octave plus grave, et qui est par conséquent $ré_2$, avec 9/8.

Enfin ut est à $ré$, ou 1 : 9/8, comme un son (la) intermédiaire entre sol et si à si, ce la est 5/3.

Tels sont les sons de la gamme

ut_2	$ré_2$	mi_2	fa_2	sol_2	la_2	si_2	ut_3
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2

Dans cette série

ut est à $ré$ comme 1 : 9/8
$ré$ est à mi comme 1 : 10/9
mi est à fa comme 1 : 16/15
fa est à sol comme 1 : 9/8
sol est à la comme 1 : 9/10
la est à si comme 1 : 9/8
si est à ut comme 1 : 16/15

Les rapports 1 : 9/8 et 1 : 10/9 sont appelés tons entiers, et celui de 1 : 16/15 nd le nom de semi-ton. Entre les sons qui sont séparés par des tons entiers, on ingue encore des semi-tons.

l n'y a pas égalité entre élever un son d'un semi-ton ou du rapport de 1 : 16/15, ıbaisser le son suivant de la même quantité, et par conséquent ut dièse differe $ré$ bémol. L'intervalle de 1 : 5/4, ou d'ut à mi, s'appelle tierce majeur tervalle de 1 : 6/5, ou d'ut à mi bémol, prend le nom de tierce mineur

Dans un accord consonnant de plusieurs sons, ceux-ci doivent être en rapp simple tant avec le son fondamental qu'entre eux. C'est à cette seule condition q leur réunion produit un effet agréable. *Ut : mi : sol*, ou 1 4/5 : 3/2, forment u triade harmonique; car *mi* est à *ut* dans un rapport simple, celui de 5 ; 4, et est à *ut* dans un rapport également simple, celui de 3 : 2; mais *mi* et *sol* so aussi consonnants, puisque le rapport entre eux est de 1 : 6/5. Au contraire, *ut* : b mol : *mi*, ou 1 : 6/5 : 5/4, ne forment point un accord harmonique, car *ut* e bien à *mi* bémol comme 1 : 6/5, et *ut* à *mi* comme 1 : 5/4; mais *mi* et *mi* bé ne sont point consonnants, attendu que 6/5 : 5/4 = 1 : 25/24. L'harmonie a d pour cause la simplicité des rapports numériques.

L'accord du son fondamental avec la tierce majeure et la quinte, *ut : mi :* ou 1 : 5/4 : 3/2, s'appelle l'accord majeur; celui du son fondamental avec la t mineure et la quinte *ut : mi* bémol : *sol*, ou 1 : 6/5 : 3/4, se nomme accord neur. Tous deux sont composés d'une tierce majeure et d'une tierce mine 5/4 et 6/5; tous deux ensemble forment une quinte. Dans l'accord majeu tierce majeure précède la tierce mineure; dans l'accord mineur, c'est la t mineure qui précède la majeure. Ces deux accords produisent un effet dif sur l'oreille. La consonnance est plus satisfaisante dans l'accord majeur que l'accord mineur.

Les dissonances produisent aussi un effet agréable sur l'oreille lorsqu'elles le passage à des consonnances, ce qu'on appelle les résoudre ou les sauver. accord dissonant, outre des intervalles consonnants, en contient aussi un dis nant. L'octave est consonnante avec la tonique, la tierce et la quinte; mais la tième fait dissonance. L'accord de septième peut servir comme exemple d accord dissonant : outre la tonique, la tierce et la quinte, il renferme encor septième. On parvient à résoudre la dissonance par un accord qui, au lieu son dissonant, renferme les consonnants, ou qui est consonnant avec le son sonant. Le rapport est le même que quand nous voyons plusieurs couleurs fois ; le défaut d'harmonie entre le bleu et le rouge s'efface par l'interposition d autre couleur qui est harmonique avec ces deux-là et indifférente pour les au Du vert, entre du rouge et du bleu, fait disparaître le défaut d'harmonie, qu'il est harmonique avec le rouge et indifférent par rapport au bleu. Le m effet résulte de l'orangé, qui est harmonique avec le bleu et indifférent eu égar rouge. Descartes a très bien peint l'effet des dissonances et des consonnances l'oreille. *Inter objecta sensus illud non animo gratissimum est quod facile p percipitur, neque etiam difficillime, sed quod non tam facile, ut naturale d derium, quo sensus feruntur in objecta, plane non impleat, neque etiam tam di culter, ut sensus fatiget.* L'harmonie de l'octave est trop simple pour satisfaire, la dissonance elle-même devient satisfaisante lorsque ce qu'il y a de difficile saisir en elle se résout en un rapport plus facile.

Il y a impossibilité, quand la série des sons est considérable, d'employer intervalles avec une pureté arithmétique, telle que l'ouïe en elle-même l'exi L'exemple suivant, cité par Chladni, en fournit la preuve. Quand on emploie ment à la suite l'un de l'autre les intervalles *sol*, *ut*, *fa*, *ré*, *sol*, *ut*, le second n'a déjà plus la valeur du premier, et il en est de même du *sol*. La pureté intervalles exigerait :

$$sol : ut = 3 : 2$$
$$ut : fa = 3 : 4$$
$$fa : ré = 6 : 5$$
$$ré : sol = 3 : 4$$
$$sol : ut = 3 : 2$$

ou *sol* : *ut* : *fa* : *ré* : *sol* : *ut* = 243 : 162 : 214 : 180 : 240 : 160. La première fois *sol* a la valeur de 243, et la seconde fois celle de 240; la première valeur d'*ut* est de 162, et la seconde de 160. En répétant davantage, on s'éloignerait toujours de plus en plus de la valeur primordiale des sons. Ce qu'on nomme le *tempérament* pare à cet inconvénient, en altérant la pureté des sons d'une manière légère, mais insensible à l'oreille. Il est dit *égal* ou *inégal* suivant que l'altération se trouve répartie d'une manière uniforme ou non. Le tempérament égal est généralement admis dans la musique, comme étant le plus facile à mettre en pratique. Tenter de maintenir la pureté des sons entre les octaves ne pourrait qu'entraîner de plus grands inconvénients pour les autres sons. Les inconvénients du tempérament égal ne sont point sensibles à l'oreille, pas plus que ne le sont en général les légers défauts dans l'accord d'un instrument. Si l'oreille pouvait remarquer de si petites différences, la pratique des intervalles purs serait impossible sur des instruments, puisqu'on éprouve déjà de si grandes difficultés à se procurer un instrument dont l'accord soit parfaitement pur.

V. Audition.

Distinguer la direction du son n'est pas un acte de la sensation elle-même, mais un jugement, porté d'après l'expérience acquise. En raison de la modification que l'ouïe éprouve suivant cette direction, la perception place le corps qui produit le son dans tel ou tel sens déterminé. Le seul guide certain à cet égard est l'impression plus vive que le son exerce sur l'une des deux oreilles. Cependant la réflexion des ondes sonores, la résonnance, la transmission non affaiblie du son par l'air des tuyaux de communication recourbés, établissent la possibilité de nombreuses erreurs. La transmission condensée du son dans des tubes contenant de l'air, ou sa propagation, par des conducteurs solides, à un foyer de résonnance éloigné, peut faire naître une illusion telle que son point de départ semble être le bout du tuyau dans le premier cas, ou le foyer de résonnance dans le second.

La direction du son peut également être appréciée, au moyen de l'ouïe, en donnant des positions variées à la tête et à l'oreille, qui font que les ondes sonores tombent sur cette dernière, tantôt perpendiculairement et tantôt obliquement.

Si ces deux moyens échouent, que les deux oreilles aient une même situation eu égard au lieu du son, comme, par exemple, quand ce dernier est excité devant nous ou derrière, il est hors de notre pouvoir de distinguer si les ondes sonores viennent de l'avant ou de l'arrière, ainsi qu'il résulte des expériences de Venturini, et que les lois de la physique suffisent déjà pour l'établir. Les ondes ne déterminent pas seulement l'ébranlement condensant dans une direction, elles produisent aussi l'ébranlement dilatant dans la direction opposée, et, quand il s'en succède plusieurs les unes à la suite des autres, ces deux sortes d'ébranlements alternent régulièr

ment ensemble Quand bien même on pourrait distinguer la direction de l'ébranlement sur le nerf, on n'aurait pas moins, dans le dernier cas, tout autant de fondement à placer le son dans une direction que dans la direction opposée.

Les ventriloques profitent de l'incertitude qué présente la distinction de la direction du son, et du pouvoir de l'imagination sur le jugement; ils parlent dans une certaine direction, et font comme s'ils entendaient le son venir de là.

Nous ne sentons pas la distance du son, mais nous jugeons d'elle d'après l'intensité de celui-ci. Le son lui-même occupe toujours la même place dans notre oreille; mais nous plaçons hors de nous le corps qui le produit. Il suffit d'assourdir la voix et de la rendre telle que nous l'entendons dans le lointain, pour faire croire à son éloignement, ce qui se pratique dans la ventriloquie.

Mais l'imagination influe aussi sur l'acte même de la sensation, et celle-ci devient plus vive par le fait de l'attention. Elle parvient alors à distinguer un bruit déterminé parmi plusieurs autres ou parmi des sons nombreux, et à suivre le jeu d'un seul des instruments dans un orchestre. Si deux personnes nous disent des choses différentes, chacune dans une oreille, les deux impressions se mêlent ensemble; ce n'est qu'à l'aide d'un effort soutenu d'attention, et par la différence du timbre des deux sons, qu'il nous est donné de suivre l'une des deux séries, et de rendre notre ouïe plus ou moins inaccessible à l'autre série, qui agit sur nous comme un bruit distrayant. Accroître volontairement l'attention qu'on consacre à des sons, s'appelle *écouter*. Lorsque l'intention de l'âme tombe sur ce qui est apporté au *sensorium commune* par les nerfs auditifs, nous n'entendons même point le son existant. Mais souvent aussi nous n'entendons faiblement une chose que parce qu'une autre occupation, qui absorbe notre attention, nous empêche de l'écouter, et qu'ensuite nous nous souvenons du son; un phénomène analogue a lieu dans d'autres sens. Les actes contraires de l'imagination se troublent en quelque sorte les uns les autres, comme il arrive à des ondes douées de qualités opposées, qui, après s'être traversées réciproquement, continuent à marcher chacune de son côté.

VI. Prolongation de la sensation auditive.

Déjà les expériences de Savart, qui ont été rapportées précédemment, établissent que l'impression des ondes sonores sur les nerfs auditifs dure un peu plus longtemps que le passage du son à travers l'oreille. Mais une longue durée ou une répétition fréquente du même son fait persister bien davantage la sensation consécutive dans le nerf, et la maintient même au delà de dix à onze heures, comme le savent fort bien ceux qui ont passé plusieurs jours de suite dans une pesante chaise de poste; arrivés à leur destination, ils continuent pendant longtemps d'entendre du bruit dans leurs oreilles.

On peut juger d'après cela que la sensation du son, comme tel, ne dépend point en dernière instance, de l'existence des ondes sonores, et que le son, comme sensation, tient à un état du nerf auditif, qui peut bien être excité par des ébranlements, mais qui est possible aussi d'une autre manière. On a cru expliquer les sensations consécutives, dans le sens de la vue, en admettant que la lumière, supposée matière, est retenue pendant quelque temps par la rétine, comme dans le cas où elle vient à être absorbée. Pour ce qui concerne le sens de l'ouïe, la fausseté de

tte hypothèse saute tout de suite aux yeux. Il n'y a point ici de matière excitante i puisse être retenue, et, pour que les ondes déterminées par l'ébranlement rsistassent, il faudrait que le principe nerveux lui-même éprouvât, dans le nerf ditif, des fluctuations qui se succédassent jusqu'à ce que l'équilibre fût rétabli.

VII. Audition double.

A la double vue du même objet par les deux yeux correspond la double audition r les deux oreilles; à la double vue avec un œil, à cause de l'inégalité dans la raction, la double audition avec une oreille, à cause de l'inégalité dans la transssion.

Le premier mode d'audition double est fort rare. Sauvages et Itard (1) en citent s exemples. Dans l'un des deux cas de Sauvages, outre le son fondamental, l'inidu entendait encore son octave, ce qui serait difficile à expliquer, si le fait it exact. Chez le sujet dont parle Itard, des sons d'une acuité différente étaient endus par les deux oreilles. Il est probable que les faits de cette nature devienient moins rares si l'on observait avec plus d'attention. J'ai moi-même été une s tourmenté par une sorte de retentissement sur un ton plus élevé, qui me frapt lorsque j'entendais des sons d'une force modérée, tels que ceux de la voix maine; mais ce phénomène fut très passager, et il ne s'est point reproduit; je sais pas non plus si le retentissement provenait d'une inégalité d'action des deux illes.

Le second mode d'audition double dépend non de l'inégalité d'action des deux illes, mais du défaut d'uniformité dans la manière dont deux milieux différents nsmettent un même son à l'organe auditif. On peut le produire en écoutant avec e oreille, dans l'air, le son d'une petite cloche qui tinte dans l'eau, pendant que, l'autre oreille bouchée, on écoute les vibrations que le liquide lui transmet a ide d'un conducteur. Les deux sons diffèrent l'un de l'autre eu égard à l'intenet au timbre. Il en est de même lorsqu'au moyen d'un sifflet fermé par une mbrane et plongé dans l'eau, on produit un son qui arrive à une oreille par l'air, l'autre oreille bouchée par le conducteur plongé dans l'eau.

VIII. Finesse de l'ouïe.

Il faut distinguer pour la vue plusieurs genres de perfection, qui portent sur la ulté de voir à des distances diverses, ainsi que sur celle de reconnaître le champ particules de la rétine, de distinguer la clarté et l'obscurité, d'apprécier les ances des couleurs. Le sens de l'ouïe ne se prête à aucun parallèle avec la prère de ces quatre facultés, non plus qu'avec la seconde. Mais, de même que tel mme ne voit bien qu'au grand jour, et tel autre qu'à une lumière modérée, de me l'ouïe n'a pas la même aptitude chez tous à distinguer les sons graves et us. Et comme un sujet doué d'une bonne vue peut cependant mal apprécier les uleurs, et manquer totalement de sens pour juger de leur harmonie et de leur faut d'harmonie, ainsi un homme qui entend bien, qui saisit même le moindre uit, peut être incapable d'établir des distinctions musicales entre les sons, de

(1) *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition*, Paris, 1842, t. I, p. 398.

sentir l'harmonie et la dissonnance, tandis qu'il est possible qu'un autre, avec l'ouïe faible, possède cette faculté à un haut degré. Certains individus entendent très bien d'une manière générale ; mais les limites de l'audition pour les sons aigus sont fort peu étendues chez eux. Wollaston en a observé des exemples. Les personnes qui ont l'ouïe dure entendent quelquefois encore les sons fort aigus avec facilité. Il paraît, d'après ce qui a été dit précédemment, que ce phénomène peut dépendre, entre autres, d'une trop grande tension de la membrane du tympan par une cause quelconque. Certains sourds entendent mieux les sons faibles quand on fait beaucoup de bruit autour d'eux. Willis a décrit deux cas de ce genre, relatifs, l'un à une personne qui ne pouvait suivre un entretien qu'autant qu'on battait de la caisse auprès d'elle, et l'autre à un individu qui n'entendait que pendant le jeu des cloches. D'autres exemples ont été vus par Holder, Bachmann et Fielitz (1). Cet effet peut tenir à la torpeur du nerf auditif, qui a besoin d'excitement pour déployer toute l'énergie de son action. Le pouvoir qu'ont certains sourds d'entendre tels ou tels sons aussi bien que d'autres personnes, au milieu d'un grand bruit, peut aussi dépendre de ce que le bruit les trouble beaucoup moins (2). Tel devait être, par exemple, le cas de celui qui, dans une voiture fermée, prenait part sans difficulté à l'entretien de ses compagnons de voyage ; les autres, disait-il, n'entendent pas aussi bien que moi la voix des personnes qui parlent dans la voiture, parce qu'ils entendent davantage le bruit du roulement. La finesse excessive de l'ouïe provient d'une trop grande irritabilité du nerf auditif, et correspond à la photophobie. On ignore quelles sont les causes qui font que tel ou tel n'a point l'oreille musicale ; mais quiconque manque de cette aptitude, sera toujours un mauvais chanteur, eût-il d'ailleurs une belle voix.

IX. Sons subjectifs.

Les sons purement subjectifs sont ceux qui tiennent, non à des ondes impulsives, mais à un état d'excitation dans le nerf auditif ; car, quelque excitation qu'éprouve ce nerf, il la ressent comme son, il l'entend. Tels sont les tintements et bourdonnements d'oreilles chez les personnes qui ont les nerfs délicats ou le cerveau malade, et chez celles dont le nerf auditif lui-même est le siége d'une lésion ; tel est encore le bruissement qu'on discerne dans ses oreilles après avoir longtemps couru dans une voiture dure. Quelques unes des expériences de Ritter sur l'électricité ont été accompagnées de manifestation d'un son dans l'oreille : ici l'affection du nerf auditif est déterminée par le seul courant du fluide électrique, qui donne lieu à une sensation de lumière dans l'œil, à une sensation tactile dans les nerfs du toucher, à la sensation d'une odeur phosphoreuse dans les nerfs olfactifs, à celle d'une saveur aigrelette ou âcre dans les nerfs gustatifs. On peut consulter à cet égard ce que j'ai dit dans l'introduction à la physiologie des sens.

Il faut distinguer les sons purement subjectifs de ceux dont la cause ne réside pas uniquement dans le nerf auditif, mais tient à un son qui s'est produit dans les organes eux-mêmes de l'audition. Ici se range le bruissement qui s'observe dans les cas de congestion vers la tête et l'oreille, ou dans ceux de dilatation anévrisma-

(1) *Voy.* Muncke, dans Gehler's *Physic. Wörterbuch*, t. IV, p. II, p. 1220.
(2) De Gerando, *De l'éducation des sourds-muets*. Paris, 1827, 2 vol. in-8.

: des vaisseaux. Souvent même on entend déjà, sous la forme d'un sifflement ıdé, le simple bruit de la circulation du sang dans l'oreille. Ici prennent place re, et le craquement qui accompagne la contraction des muscles des osselets ouïe, et le bruit qu'on entend lorsque les muscles du voile du palais se con- ent, qu'on bâille, que l'on condense l'air de la caisse tympanique de manière dre la membrane du tympan, qu'on se mouche, qu'on abaisse violemment la ıoire inférieure, etc.

: bourdonnement d'oreille qui accompagne l'oblitération de la trompe d'Eus- : ne peut point encore être expliqué d'une manière suffisante.

:nle présente cette particularité individuelle qu'en passant légèrement le doigt a joue, il excite un bruissement dans son oreille. Ceci peut dépendre d'une n réflexe du nerf facial sur le cerveau, et par suite sur le nerf acoustique, ou d'un mouvement réflexe des muscles des osselets de l'ouïe.

X. Sympathies du nerf auditif.

:s excitations du nerf auditif peuvent déterminer et des mouvements et même ensations dans d'autres sens. L'un et l'autre effet a lieu vraisemblablement ès les lois de la réflexion, par l'intermédiaire du cerveau. Un bruit violent uit, chez tous les hommes, le cillement des paupières, et, chez les personnes ınt les nerfs délicats, une secousse par tout le corps.

:s sensations qui succèdent à des impressions auditives sont principalement ensations tactiles. Chez les personnes à système nerveux impressionnable, un inopiné est quelquefois suivi d'une sensation tactile désagréable, comme d'une motion électrique dans le corps entier, ou même d'une sensation tactile dans ille externe; certains bruits, comme le frottement du papier, le frôlement du e et autres semblables, causent à beaucoup d'individus une sensation dés- able dans les dents, ou un frisson par tout le corps.

ertains hommes sont sujets à ce que l'eau leur vienne à la bouche quand ils ndent des sons violents.

iedemann (1) et Lincke (2) ont réuni plusieurs exemples de sympathies qui se ortent ici.

'ouïe peut, en outre, subir des altérations ayant pour point de départ beaucoup parties du corps. Elle est surtout susceptible de s'altérer dans les maladies du ventre et dans les affections fébriles. Tout porte à croire qu'en pareil cas aussi, parties centrales du système nerveux servent d'intermédiaire.

) *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. I, cah. 2.
!) *Loc. cit.*, p. 567.

SECTION III.

DU SENS DE L'ODORAT.

CHAPITRE PREMIER.

Des conditions physiques de l'olfaction.

Le sens de l'odorat (1) n'agit, dans la règle, qu'à l'occasion d'impressions matérielles et de changements correspondants subis par le nerf olfactif. Comme celui du goût, il est susceptible d'une infinité de modifications, toutes relatives au mode de l'impression matérielle.

La première condition de l'odorat est le nerf spécifique, dont les changements matériels sont sentis sous la forme d'odeurs; car nul autre nerf ne transmet cette sensation, même lorsqu'il est sollicité par des causes identiques, et la substance qui a de l'odeur pour le nerf olfactif a de la saveur pour le nerf gustatif, et elle peut être âcre, brûlante, etc., pour le nerf tactile. Kant disait que l'odorat est un goût à distance; cette manière de s'exprimer ne me semble pas exacte.

La seconde condition de l'odorat est un état déterminé du nerf olfactif, ou un changement matériel et spécial de ce nerf par le stimulus, c'est-à-dire par ce qui est susceptible de porter une odeur.

Les choses susceptibles de faire naître la sensation des odeurs sont, chez les animaux aériens, des substances répandues dans l'air, en molécules extrêmement ténues, et des émanations gazeuses, souvent si subtiles que nul réactif ne saurait en indiquer la présence, si ce n'est précisément le nerf olfactif. Chez les poissons, les matières susceptibles d'affecter l'odorat sont contenues dans l'eau. Le défaut absolu de connaissances physiques sur la manière dont les substances odorantes se répandent nous laisse incertains de savoir si elles sont dissoutes dans l'eau, comme le serait un gaz absorbé par ce liquide. On conçoit, d'ailleurs, que leur état de dissolution dans l'eau ne saurait être un motif de refuser l'odorat aux poissons; car l'essentiel de la sensation olfactive ne tient pas à la nature gazeuse de la matière odorante, mais à la sensibilité spécifique du nerf olfactif, à la différence qui existe entre cette sensibilité et celle de tous les autres nerfs sensoriels. Chez les animaux aériens eux-mêmes, les odeurs sont obligées de se dissoudre dans le mucus de la membrane pituitaire avant de pouvoir affecter le nerf olfactif, et il doit s'opérer là un mode d'expansion analogue à celui de la répartition d'une matière odorante dans l'eau. De même, le nerf gustatif n'est pas seulement sensible aux choses sapides, liquides ou solides, car il y a des corps gazeux, comme l'acide sulfureux et plusieurs autres, qui donnent lieu à des saveurs, lorsqu'ils se dissolvent dans l'humidité qui recouvre la langue. On peut donc très bien concevoir qu'un même principe provoque des sensations différentes dans le nerf olfactif et dans le nerf gustatif, l'odeur dans

(1) H. Cloquet, *Osphrésiologie*. Paris, 1821.

a saveur dans l'autre. En comparant l'organe olfactif des animaux aériens à mon, et celui des poissons à une branchie, Treviranus s'est servi d'une bonne en général; mais il ne faut pas s'imaginer que les matières odorantes es dans l'eau repassent à l'état de gaz avant d'affecter les nerfs olfactifs, pas ie les branchies n'ont besoin de ramener les gaz dissous dans l'eau à leur iforme pour qu'ils puissent être admis dans le sang. L'état sous lequel ces t contenus dans le sang est le même exactement que celui sous lequel ils vaient dans l'eau. Enfin, les nerfs olfactifs des poissons sont identiques avec e tous les autres animaux; ils naissent des mêmes points du cerveau, des lobes de cet organe, les lobes olfactifs, dont on aperçoit même encore des i chez les mammifères.

autre condition de l'odorat est que la membrane muqueuse nasale soit ; car l'humidité est le véhicule à la faveur duquel les substances odorantes t jusqu'au nerf. Quand la membrane pituitaire est sèche, on ne sent rien, et nution de la sécrétion muqueuse, pendant la première période du coryza, ijà pour abolir ou affaiblir l'odorat.

les animaux qui vivent dans l'air, un courant des matières odorantes à l'organe olfactif est nécessaire aussi pour que l'odorat s'accomplisse. Ce mouvements respiratoires qui y donnent lieu. En modifiant à volonté ces nents, nous exerçons de l'influence sur l'olfaction, nous l'interrompons par ension de la respiration, et nous la rendons plus active par des inspirations s.

: les animaux qui vivent dans l'eau, ce mouvement n'existe pas, en grande puisque leur nez n'est généralement point perforé, et qu'il n'a pas de com- ition immédiate avec l'organe respiratoire. Cependant, là même encore, il y lisposition particulière qui rend le courant possible; car les mouvements ercule donnent lieu à un courant continuel d'eau, qui traverse la bouche et par l'ouverture placée sous ce couvercle.

CHAPITRE II.

De l'organe olfactif.

organes olfactifs des animaux sans vertèbres sont peu connus encore, quoique ırs de ces animaux aient le sens de l'odorat très développé, comme, par le, la mouche à viande, qui dépose ses œufs dans les substances animales réfaction, et qui se laisse induire en erreur par l'odeur fétide du *Stapelia a* (1).

principe qui préside à la formation et aux modifications de l'organe de at est la multiplication des surfaces olfactives dans un petit espace. A cet il y a une grande affinité entre l'appareil de la respiration et celui de tion.

(1) *Voy.* sur les organes auditifs des animaux articulés, R. Wagner, *Vergleichende Anato-* I, p. 467.

Chez les poissons, et, parmi les reptiles nus, chez le protée, la multiplication des surfaces résulte du plissement de la membrane muqueuse, dont les plis sont ou appliqués les uns contre les autres, à l'instar des lames branchiales, comme chez les cyclostomes, ou disposés en manière de rayons qui partent d'un centre commun, comme chez l'esturgeon, ou rangés parallèlement les uns aux autres sur les côtés d'une bandelette médiane. Les lames se divisent souvent en branches, pinceaux, etc. (1).

Fig. 188.

Chez la plupart des poissons, les cavités nasales sont des fosses superficielles, qui ne traversent pas le palais. Dans la baudroie, ce sont des espèces de petites cloches pétiolées, au fond desquelles se trouvent des plis.

Chez les cyclostomes, ces cavités sont réunies en une seule, c'est-à-dire ne présentent pas de cloison: elle sont pourvues d'un tube qui aboutit à la surface de la tête (*Petromyzon*, *Ammocœtes*), ou à la partie antérieure du museau (myxinoïdes). Ce tube est très long chez les myxinoïdes, et garni d'anneaux cartilagineux, absolument comme la trachée-artère.

Le nez des cyclostomes est percé, et un conduit traverse le palais osseux. Cependant la lamproie n'a pas d'ouverture à la membrane palatine ; son canal naso-palatin se termine en cul-de-sac dans la voûte palatine, et il est logé entre le crâne

(1) Fig. 188, paroi externe de la fosse nasale avec les trois os spongieux et le méat ; les nerfs sont montrés comme ils apparaîtraient à travers la membrane si elle était transparente. *a*, nerf olfactif; *b*, bulbe olfactif (représenté un peu trop court) ; il repose sur l'os cribleux. Au-dessous on voit l'arrangement plexiforme des filaments olfactifs sur les os spongieux supérieur et moyen ; *c*, nerf de la cinquième paire avec son ganglion de Gasser ; *d*, branche maxillaire supérieure de ce nerf, laquelle envoie des branches au ganglion de Meckel, et, par l'intermédiaire de ce ganglion, aux trois os spongieux, où elles s'anastomosent avec les filaments olfactifs et avec *s* rameaux de la branche nasale du nerf ophthalmique ; *o*, rameaux palatins postérieurs venant du ganglion de Meckel et fournissant au palais et au voile du palais ; *t*, orifice de la trompe d'Eustache du côté du pharynx, derrière l'os spongieux inférieur. De Sœmmering, deux tiers de diamètre.

: la membrane du pharynx. Le canal forme également un cul-de-sac chez l'amocète. Cet appareil ne sert donc qu'à attirer l'eau dans le nez, et à l'en faire rtir. Chez les myxinoïdes, au contraire, le palais osseux et le palais mou sont rforés tous deux, et, derrière l'ouverture naso-palatine, on découvre seulement ne valvule dirigée en arrière, qui paraît servir au mouvement et au renouvellement de l'eau contenue dans le nez.

L'espèce d'évent des lamproies et la valvule mobile des myxinoïdes semblent re une conséquence nécessaire du reste de l'organisation de ces animaux. Pour n'une odeur puisse se faire sentir, il faut que le milieu qui la transporte se euve vers la surface olfactive. Les animaux aériens ne flairent qu'à la condition attirer l'air dans le nez. Chez ceux qui vivent dans l'eau, le renouvellement des uches odorantes d'eau autour de la tête tient à ce que, par l'effet des mouvements respiratoires, le liquide entre dans la bouche et sort par les fentes des anchies. Ce mode de renouvellement de l'eau dans le nez n'est pas possible chez s cyclostomes, lorsque leur bouche fait office de suçoir : de là l'appareil partilier de leur cavité nasale, qui sert à attirer de nouvelle eau dans le nez, et à en asser l'ancienne.

Le nez des reptiles est toujours perforé. Chez quelques protéides, le canal so-palatin ne traverse même pas les os, et l'état rudimentaire de la mâchoire périeure, qui n'est qu'engagée dans les chairs, fait qu'il perce la lèvre supéeure. Mais ce n'est point là un caractère général de la famille des protéides, car uverture naso-palatine de l'axolotl est limitée par des os, comme à l'ordinaire. ous les protéides n'ont pas non plus la membrane pituitaire plissée comme les issons : cette disposition ne s'observe que chez le protée. Dans les reptiles écailux et les oiseaux, on trouve des prolongements en forme de cornets, qui servent multiplier les surfaces. Les mammifères ont les masses latérales de l'ethmoïde, s cornets et le sinus des fosses nasales. L'accroissement que le cornet inférieur ocure aux surfaces est très remarquable chez les mammifères. Les formes les us singulières de cet os sont celles qu'on rencontre, d'un côté, chez les ruminants, les solipèdes et en général les herbivores ; d'un autre côté, chez les carnivores. Les cornets inférieurs des herbivores représentent une lame dont la portion ttée est simple, tandis que la portion libre se divise en deux lamelles, l'une périeure, l'autre inférieure, qui se roulent sur elles-mêmes, en sens inverse ne de l'autre, la première vers le haut, et la seconde vers le bas. Chez les rnivores, les cornets inférieurs se partagent en branches et rameaux, qui ressemblent assez bien à l'arbre de vie du cervelet. Ceux de l'homme, comparés à eux-là, semblent réduits à l'état rudimentaire. Les organes de Stenon entretiennent, chez beaucoup de mammifères, une communication entre le nez et la uche, et remplacent le trou incisif. Il faut distinguer des conduits de Stenon organe de Jacobson, tube en partie membraneux et en partie cartilagineux, qui st placé sur le plancher du nez, entre le vomer et la membrane muqueuse, et ui communique avec le conduit de Stenon. Les fonctions de ces parties sont nconnues (1).

(1) Rosenthal, dans Tiedemann's *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. II, p. 289. — Fig. 189. rgane de Jacobson, cartilage et peigne nerveux dans le paplon. *a*, nerf de Jacobson ; *b*,

Fig. 189.

Les cavités accessoires du nez ne paraissent pas servir à l'olfaction. i camphrée a été injectée par Deschamps (1) dans une fistule communiq les sinus frontaux, et d'autres substances odorantes l'ont été par Richera l'antre d'Highmore, sans que les sujets discernassent la moindre odeur. I indifférent à la nature de remplir les cavités des os avec de l'air ou av graisse ; dans les deux cas, les os deviennent plus légers que s'ils étaient Chez les oiseaux, beaucoup d'os du corps et de la tête s'emplissent d'air,

peigne nerveux ; *e*, ouverture du tube dans le conduit de Stenon ; *k*, extrémité ant rieure du cartilage ; *l*, coiffe grise du lobe olfactif ; n, coupe de l'hémisphère. Thèse tiolet. — M. Gratiolet, qui a donné une description nouvelle de cet organe, a essayé d'en ner la fonction, ou plutôt de signaler les probabilités qui portent à recevoir l'opinion de, à savoir que c'est un appareil servant à l'olfaction. Il indique : 1° la similitude de text la membrane qui tapisse le tube et celle qui revêt les fosses nasales ; 2° l'identité de t microscope, entre le nerf principal du tube de Jacobson et les véritables nerfs de l'o 3° l'origine du nerf de Jacobson, qui s'implante, comme les nerfs de sensation spécial paroi membraneuse grise des ventricules. Toutefois, ajoute M. Gratiolet, les considérat tomiques, qui conduisent à admettre une similitude générale par rapport à la nature tions, conduisent en même temps à soupçonner une différence dans le degré. Le petit où le nerf s'implante, si exigu qu'il soit, est plus gélatineux que la coiffe grise, plus rent. L'action de l'esprit-de-vin le condense plus aisément et lui donne une couleur Sa situation singulière à la face supérieure du processus maxillaire, ses connexions av les racines de ce lobe, cette fixité de rapport et de position, tout porte à admettre da de Jacobson quelque chose de particulier, d'individuel, qui le distingue des autres ran olfactives ; ce que semble confirmer encore son mode de distribution, puisqu'il ne fourn filet à la muqueuse nasale. Il est donc probable, qu'à l'aide de ce nerf, l'animal pe odeurs, mais des odeurs d'une certaine nature, que les autres nerfs de l'olfaction laiss inaperçues. — L.-P. Gratiolet, *Recherches sur l'organe de Jacobson*, Paris, 185 avec 4 pl. É. L.

(1) *Traité des maladies des fosses nasales*, Paris, 1804.

niers par les poumons, les autres par les trompes de Fallope. Chez l'homme, air ne s'introduit que dans quelques os de la tête, tels que les cellules de l'apophyse mastoïde et les sinus des fosses nasales. On observe le mouvement vibratile ur la membrane muqueuse du nez et de ses cavités accessoires, chez les animaux.

Le mécanisme de la transmission, qui présente tant de complications dans les utres sens, est fort simple dans celui de l'odorat. Les substances odorantes, isséminées dans l'air, à l'état de gaz, ou peut-être même de poussière fine, sont menées aux surfaces de la membrane muqueuse par le mouvement de l'inspiraon. L'air qui sort de la bouche peut aussi faire naître la sensation d'odeurs, quand est chargé de substances développées, soit dans les organes respiratoires, soit dans s organes digestifs, comme dans l'éructation. Il n'y a donc à s'occuper ici que e la manière dont l'odorat peut être exalté ou supprimé.

Nous pouvons supprimer à volonté l'odorat, et nous soustraire à la sensation de peurs désagréables, en n'inspirant pas par le nez.

Nous exaltons ce sens, au contraire, en inspirant avec plus de force, ou en isant de petites inspirations, rapidement répétées. L'animal qui haleine cherche ns l'atmosphère la couche chargée d'une substance odorante, et pour cela il técute, en diverses directions, des mouvements inspiratoires qui se succèdent rec vitesse. Une fois qu'il a découvert cette couche, il la suit de la même manière. e courant des odeurs peut aussi être favorisé par le vent, qui, à ce qu'on assure, ffit souvent aux herbivores pour sentir des odeurs développées à de grandes istances.

Indépendamment de l'odorat, le nez possède aussi le sens du toucher, par le oyen des filets nasaux de la seconde et de la troisième branche du nerf trijumeau. a effet, il sent le froid, le chaud, les démangeaisons, le chatouillement, la pression, la douleur. Ces nerfs ne sauraient remplacer le nerf olfactif, comme le démontre l'exemple des personnes qui, privées d'odorat, n'en ont pas moins une nsibilité tactile très développée dans le nez.

Il y a certaines substances, gazeuses ou vaporeuses, par rapport auxquelles on arvient difficilement à distinguer la sensation tactile de la sensation olfactive; lles sont l'ammoniaque à l'état de gaz, les émanations du raifort, de la moutarde, etc. Les sensations que l'on éprouve de leur part ressemblent beaucoup à elles du toucher, et l'analogie devient plus frappante encore lorsqu'on réfléchit ue ces vapeurs âcres agissent pour ainsi dire de même sur la membrane muqueuse des paupières.

CHAPITRE III.

De l'action des nerfs olfactifs.

Les animaux n'ont pas tous la même aptitude à sentir les odeurs, et il doit dépendre des forces qui animent les parties centrales de l'appareil olfactif que le monde odorant d'un herbivore diffère totalement de celui d'un carnivore. Les carnassiers ont un nez très fin pour les qualités spécifiques des substances animales,

pour suivre à la piste ; mais ils ne paraissent pas sensibles à l'odeur des plantes, des fleurs. L'homme se trouve placé bien au-dessous d'eux par rapport à la finesse de l'odorat, mais le monde de ses odeurs est plus homogène.

La fétidité est pour l'odorat ce que la douleur est pour le toucher, l'éblouissement ou le défaut d'harmonie des couleurs par la vue, et la dissonnance pour l'ouïe ; c'est l'opposé de l'odeur suave. Nous ne connaissons pas les causes de cette différence ; mais il est certain que la fétidité et la suavité sont purement relatives dans le règne animal, car beaucoup d'animaux recherchent avec empressement ce qui nous offense le nez. Les hommes eux-mêmes présentent beaucoup de variétés à cet égard. Il s'en trouve qui ne peuvent supporter certaines odeurs agréables ; l'odeur de la corne brûlée déplaît aux uns, et plaît aux autres, sans que ceux-ci aient besoin, pour cela, d'être hystériques. Il y a beaucoup de personnes qui ne trouvent au réséda qu'une odeur herbacée : Blumenbach en cite des exemples, et je suis du nombre. On ignore si certaines odeurs contrastent ensemble, comme il arrive aux couleurs et aux sons, s'il y a aussi des consonnances et des dissonnances à cet égard ; mais la chose est très probable, et d'autant plus qu'elle a certainement lieu pour le sens du goût. Les sensations consécutives du sens de l'odorat ne sont pas connues non plus, bien qu'il soit difficile de croire qu'elles n'existent pas : on ne saurait citer pour exemple l'odeur cadavéreuse qui souvent persiste fort longtemps dans le nez après les dissections, car tout porte à penser qu'elle est objective et dépend de la dissolution d'une substance odorante dans le mucus.

Les odeurs subjectives, sans substances objectives, sont peu connues encore. Des dissolutions de substances inodores, comme les sels, ne font naître aucune sensation d'odeur quand on les injecte dans le nez. On sait que l'électricité par frottement a une odeur de phosphore. En appliquant le galvanisme à l'organe olfactif, Ritter a observé qu'outre l'envie d'éternuer et le chatouillement, il se développait au pôle négatif une odeur ammoniacale et au pôle positif une odeur acide, effets qui persistaient avec le même caractère tant que la chaîne demeurait fermée, mais qui se renversaient dès qu'on l'ouvrait. Il arrive souvent à quelqu'un de sentir une odeur spécifique dont personne autre ne s'aperçoit : ce phénomène est commun chez les individus d'une complexion nerveuse ; mais tous les hommes y sont plus ou moins sujets.

Chez un homme qui s'était toujours plaint de sentir des odeurs désagréables, Cullerier et Maingault trouvèrent l'arachnoïde parsemée d'ossifications, et le milieu des hémisphères cérébraux contenant des tumeurs scrofuleuses en suppuration. A. Dubois connaissait un homme qui, après une chute de cheval, crut, pendant plusieurs années, et jusqu'à sa mort, sentir une odeur fétide autour de lui.

On n'a point encore expérimenté si des substances fortement odorantes, introduites dans le sang, donnent lieu au développement de sensations olfactives par l'effet de la circulation.

Au reste, nul sens n'a des rapports plus intimes que l'odorat et le goût avec les actes instinctifs de l'économie animale. Les odeurs excitent puissamment l'appétit vénérien des animaux, et font entrer en jeu les organes génitaux, par la stimulation qu'elles exercent sur le cerveau et la moelle allongée.

SECTION IV.

DU SENS DU GOUT.

CHAPITRE PREMIER.

Des conditions physiques de la gustation.

onditions du sens du goût sont la présence du nerf spécifique, l'excitation rf par une chose sapide, et la dissolution de celle-ci dans les liquides de gustatif. Il serait tout aussi difficile au goût qu'à l'odorat d'être affecté irritation purement mécanique; la sapidité tient à un changement maté- ré dans le nerf par une matière dissoute, et la sensation varie à l'infini en es différences sans nombre que cette matière peut offrir. Cependant la tion d'une saveur par un changement mécanique des nerfs gustatifs ne doit considérée comme une chose absolument impossible. La compression, les ients, les piqûres, les frottements de la langue ne donnent lieu qu'à des ns tactiles; mais Henle a observé qu'un courant d'air délié détermine une raîche et salée, analogue à celle du nitre, et la titillation mécanique du ou du voile palatin provoque la sensation du dégoût, qui a tant d'affinité goût qu'on ne saurait l'en séparer. Parmi les impondérables, il n'y a que cité qui fasse naître la sensation d'une saveur.

être capable d'agir sur l'organe du goût, une substance doit être ou , ou au moins susceptible de se dissoudre dans l'humidité de la langue. Les es insolubles n'ont d'action que sur la sensibilité tactile de cette dernière. ait pas d'une manière certaine s'il suffit du contact de l'organe vivant avec nent animal humide pour produire une saveur, sans le concours des ma- ssoutes qui sont contenues dans l'aliment. Les gaz aussi sont quelquefois comme l'acide sulfureux.

idité de la langue n'est pas moins nécessaire à l'action intime des sub- sapides que celle de la membrane pituitaire à l'exercice de l'odorat. Le goût n'a pas d'appareil spécial de transmission autre que les mucosités de e : aussi l'étude de ce sens est-elle fort simple, de même que celle du sens rat.

CHAPITRE II.

De l'organe du goût.

oût a pour siége la gorge et surtout la langue, qui néanmoins a souvent, s animaux, plus d'importance comme organe de déglutition que comme

celle-ci s'exercer tandis que l'autre est perdue (1). Cette particularité rend probable qu'ici, comme dans le nez, les conducteurs des deux ordres de sensations ne sont point les mêmes. On conçoit très bien qu'un même tronc nerveux pourrait contenir des fibres douées de qualités fort différentes.

goût tant au glosso-pharyngien qu'au lingual, et même aux branches palatines de la cinquième paire : ses expériences sur ces derniers nerfs n'ont produit rien de définitif. Les observations pathologiques sont ici d'une haute importance. Ainsi, le goût s'est trouvé aboli après la destruction de la cinquième paire, comme dans les faits rapportés par Parry, Bishop et Romberg. Une compression exercée sur le nerf lingual donna lieu au même phénomène (1) : chez le sujet de cette observation, qui avait perdu le goût et la sensibilité de tout un côté de la langue, le commencement de la troisième branche était altéré par une petite tumeur, mais le glosso-pharyngien n'offrait rien d'anormal.

Je crois que le lingual est le principal nerf gustatif de la langue. Mon opinion repose sur les expériences de Magendie, de Gurlt et de Kornfeld, sur celles que j'ai faites moi-même, et sur les observations pathologiques de Parry, Bishop et Romberg. Mais je ne regarde pas comme prouvé que le nerf glosso-pharyngien soit sans participation à cette fonction dans la région postérieure de la langue et l'arrière-gorge. Romberg lui attribue la sensation du dégoût, qui protége l'entrée du système digestif.

CHAPITRE III.

De l'action des nerfs gustatifs.

Il y a impossibilité complète d'établir une théorie des phénomènes du goût. Ce qui constitue la qualité propre de ce sens, et le différencie de l'odorat, du toucher, de la vue, de l'ouïe, n'est pas moins inexplicable qu'à l'égard de tous les autres. On ne saurait traduire l'essence du bleu, comme sensation ; nous ne pouvons que sentir cette couleur, et il faut s'en tenir au fait que c'est une qualité propre aux nerfs spécifiques ; si l'un voit le bleu, l'autre entend le son, un troisième sent les odeurs, etc. Mais les causes qui font que l'on parvient à distinguer plusieurs sensations dont un seul et même nerf est susceptible, peuvent être trouvées, comme elles l'ont été pour la vue et l'ouïe. On sait qu'un son diffère d'un autre par le nombre des vibrations, et qu'à chaque couleur correspond un certain nombre d'ondes dans un temps donné. Nous sommes bien loin encore d'une pareille théorie pour ce qui concerne le goût et l'odorat.

Bellini s'est servi de l'ancienne hypothèse de la forme diverse des molécules des corps pour expliquer les différentes saveurs. Théoriquement parlant, rien ne s'élève contre cette opinion ; mais il n'y a pas moyen non plus d'en apporter la preuve. A l'époque où l'on croyait tout expliquer par les polarités chimiques, on fit aussi l'application de cette hypothèse de l'organe du goût.

Indépendamment du goût, la langue a encore un toucher très fin et très juste : elle sent la chaleur, le froid, le chatouillement, la douleur, la pression, et par là la forme des surfaces.

La faculté tactile peut exister dans la langue, et celle de goûter y être abolie, ou

(1) Muller's *Archiv*, 1834, p. 132, et 1838, 3e cah.

celle-ci s'exercer tandis que l'autre est perdue (1). Cette particularité rend probable qu'ici, comme dans le nez, les conducteurs des deux ordres de sensations ne sont point les mêmes. On conçoit très bien qu'un même tronc nerveux pourrait contenir des fibres douées de qualités fort différentes.

Des faits qui ont déjà été exposés, il suit que le nerf lingual est la cause des sensations gustatives ; mais les manifestations de vive douleur qui accompagnent la section de ce nerf mettent hors de doute qu'il est aussi le nerf sensitif de la langue. Le sentiment appartient également au grand hypoglosse, en outre de sa propriété motrice.

Comme beaucoup de substances portent de l'odeur, en même temps qu'elles ont de la saveur, l'impression totale qu'elles produisent est souvent plus ou moins mixte. Mais, en pareil cas, il suffit de se boucher le nez pour découvrir la part qui revient à l'odorat. Certains vins délicats perdent beaucoup de leur finesse lorsqu'on se bouche le nez en les buvant.

D'après les expériences de Horn, toutes les substances ne paraissent pas produire la même saveur sur les diverses papilles de la langue, conclusion à laquelle on semble déjà devoir être conduit par la différence qui se fait souvent remarquer entre l'arrière-goût et la saveur primitive. Horn a essayé une foule de substances dont les unes donnaient une même saveur dans toutes les régions de l'organe gustatif, et dont les autres en déterminaient une fort différente suivant qu'elles touchaient les papilles filiformes ou les papilles fongiformes (2).

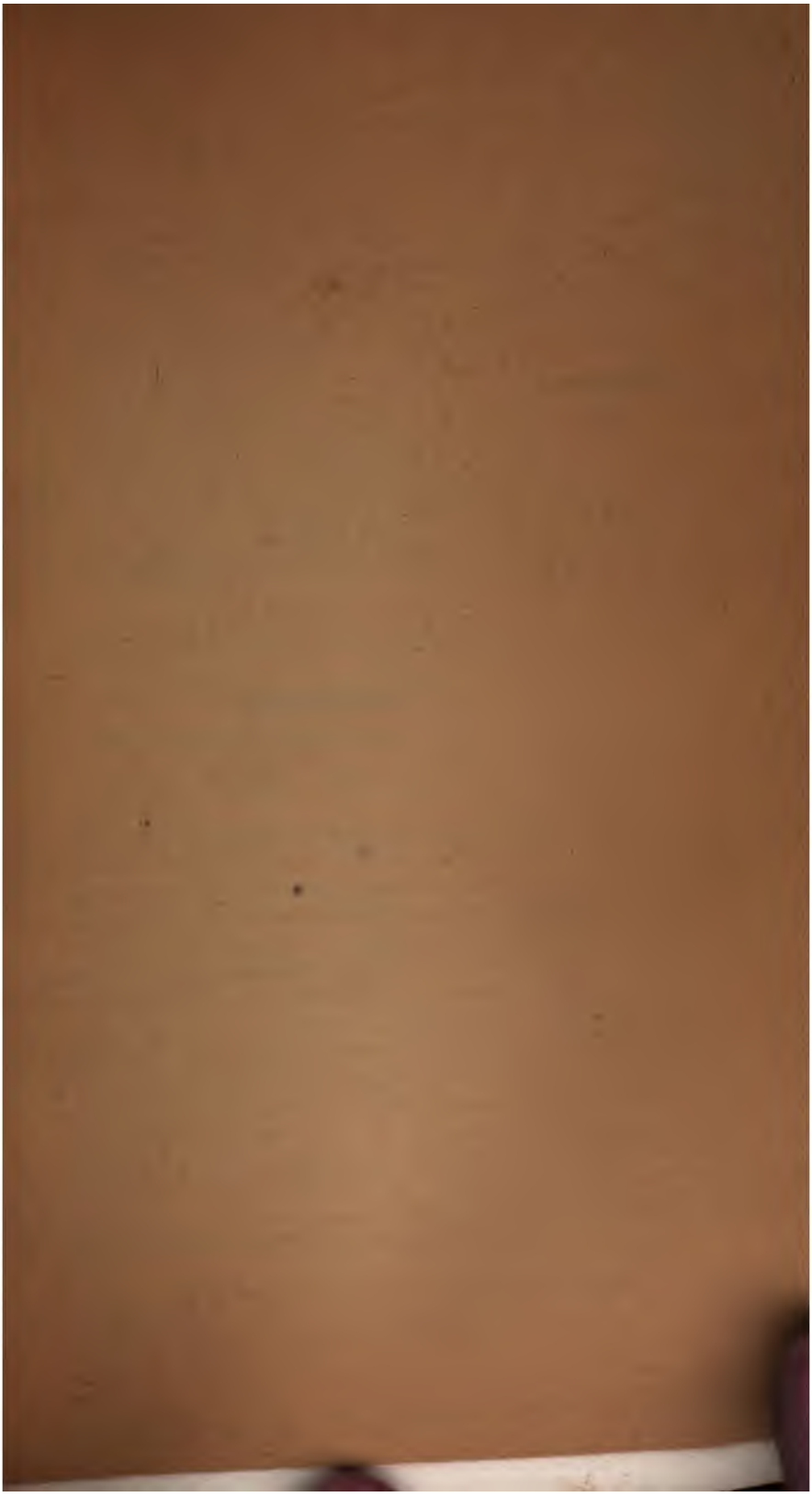
Les sensations consécutives sont très prononcées, et durent souvent fort longtemps, dans l'organe du goût. La dégustation d'une substance change la saveur d'une autre. Lorsque j'ai mâché de la racine de roseau aromatique, le lait et le café me semblent aigres ensuite ; la saveur des choses douces altère le goût du vin, que celle du fromage rehausse. Il en est donc ici comme des couleurs, dont une exalte la sensation de celle qui lui est opposée ou complémentaire. Je n'ai pu rapporter les oppositions des saveurs à des principes généraux, comme on l'a fait pour les couleurs ; mais l'art culinaire a eu, dans tous les temps, le talent empirique de profiter des consonnances dans leur succession et leur association, de même que la musique et la peinture ont mis en pratique les principes de l'harmonie, sans en connaître les lois.

La répétition fréquente d'une même saveur l'émousse de plus en plus, comme une couleur nous paraît d'autant plus sale que nous la regardons plus longtemps. Un homme à qui l'on bande les yeux distingue d'abord le vin blanc et le vin rouge l'un de l'autre ; mais il ne tarde pas à perdre cette aptitude, lorsqu'il les goûte tous deux à plusieurs reprises, ce dont chacun peut aisément se convaincre.

Lorsque les substances sapides ne font qu'entrer en contact avec l'organe, sans être promenées à sa surface, il leur arrive souvent de ne donner qu'une saveur très confuse, ou même de n'en pas produire du tout. Au contraire, le goût devient plus parfait quand on fait mouvoir la substance entre la langue et le palais, qu'on l'y frotte, qu'on l'y applique à plusieurs reprises. Ici, ou le mouvement

(1) Mueller's *Archiv*, 1835, p. 139.

(2) *Voy.*, pour les détails, Horn, *Ueber den Geschmacksinn des Menschen*, Heidelberg, 1825.



gane, soit avec le monde extérieur, soit avec le reste de l'organisme. L
ayant la sensibilité tactile, qui se trouve placée à la surface, jouit du t
sens qu'elle peut recevoir la sensation de corps extérieurs. Elle possède
tude à un degré d'autant plus haut que la faculté de distinguer est plus per
en elle, et qu'elle-même peut se mouvoir. En conséquence, les organ
sont la peau entière, mais surtout les mains, la langue, les lèvres, notam
les chats et les phoques, où ces appendices sont munis de longs poils,
germe auquel de nombreux nerfs communiquent une grande sensibili
chez les animaux pourvus d'une trompe, les tentacules des mollusque
tennes et les palpes des insectes, les appendices digitiformes des nageoi
rales des trigles, dont les nerfs naissent même d'une série de lobules
ments particuliers de la moelle épinière.

A la peau, l'organe du tact est le corps papillaire, assemblage de pet
lités visibles à la loupe, que le tissu de Malpighi enveloppe en manière
et auxquelles aboutissent les nerfs (1).

De plus amples développements sur les organes du tact appartienner
tomie comparée.

Les parties pourvues de la sensibilité tactile générale sont certaines
système nerveux lui-même, les nerfs rachidiens, et, par eux, la p
organes.

Dans les organes centraux, il y a des parties qui semblent être privée
sensibilité, comme la surface des hémisphères, dont une foule d'exemple
que les plaies ne causent aucune douleur, ni chez l'homme ni chez les
Toutes les fois qu'à la suite de plaies de tête il a fallu pratiquer, chez
en parfaite connaissance, l'ablation d'une partie de la surface de l'encé
parce qu'elle faisait hernie, soit parce qu'elle avait subi une altération q
l'opération n'a nullement été sentie.

D'autres parties des organes centraux possèdent, au contraire, une

naires. Quoique plus d'un mal de tête ne dépende que d'une sensation éprouvée dans les nerfs des téguments extérieurs, il n'en est pas moins possible que l'on ressente de la pression et de la douleur dans le cerveau : c'est ce qu'attestent les cas d'affections chroniques de ce viscère dans lesquels le malade avait un sentiment plus ou moins net du lieu où le changement de texture s'était opéré (1).

Dans la portion spinale du cerveau et dans la moelle épinière il n'y a pas d'autres sensations que celles du genre des tactiles. Ces sensations sont éprouvées, avec le caractère de douleurs ou de fourmillements, tantôt dans le lieu même de leur siége objectif, savoir, au milieu du dos, tantôt dans les parties extérieures auxquelles se rendent les nerfs rachidiens. Les fourmillements et les douleurs ont quelquefois lieu sans qu'il se manifeste aucune sensation locale au dos. La cause de cette particularité remarquable est inconnue.

Les lois qui président à la sensation dans les nerfs, lorsque ces organes deviennent le siége d'une irritation, peuvent être passées ici sous silence, puisque tout ce qui les concerne a déjà été exposé dans la physique des nerfs.

Le tissu corné et le tissu dentaire sont complétement insensibles, à l'exception de leurs germes, auxquels se rendent et des nerfs et des vaisseaux. L'agacement des dents par les acides doit donc être considéré comme une affection du follicule dentaire. Cependant la structure tubuleuse de la substance de ces osselets permet de concevoir la possibilité d'une transmission de l'acide au germe par les tubes capillaires, soit qu'il agisse sur la portion de la dent qui n'est pas couverte d'émail, soit qu'il s'introduise à travers les fissures que ce dernier présente si souvent.

Les tendons, les cartilages et les os ne sont point sensibles dans l'état de santé. Les nombreuses expériences de Haller l'on démontré sans réplique. Elles ont prouvé aussi que le périoste est également insensible. La dure-mère semble toutefois faire exception : du moins est-il certain qu'elle possède des nerfs. Dans les maladies, les os peuvent devenir très douloureux, comme aussi les organes du système chylopoiétique, auxquels se distribue le grand sympathique, et qui n'ont qu'une faible sensibilité chez l'homme en santé (2).

La sensibilité est bien moindre dans les muscles qu'à la peau, comme on peut le constater en piquant avec une épingle les téguments et les masses musculaires. La peau elle-même offre, à cet égard, de grandes différences, tenant vraisemblablement au nombre des fibres nerveuses qui se répandent dans ses diverses régions; j'en ai donné la preuve précédemment, en rapportant les faits dont on doit la découverte à E.-H. Weber (3). Les régions de la peau où l'on perçoit une faible distance entre deux points irrités sont aussi, d'après les observations de cet anatomiste, ceux où l'on distingue le plus sûrement les différences de la température et du poids des corps appliqués sur les téguments : la pression d'un poids posé sur la face palmaire des doigts paraissait plus forte que celle du même poids posé sur la peau du front. La sensibilité est très grande dans les membranes muqueuses qui font partie du système respiratoire, des organes sensoriels, des parties génitales, et dépendent

(1) *Voy.* Nasse, *Ueber Geschwuelste im Gehirn*, p. 26. — Abercrombie, *Traité pratique des maladies de l'encéphale et de la moelle épinière*; trad. par Gendrin. Paris, 1835.

(2) *Voyez*, relativement aux expériences sur ce sujet, Haller, *Elem. physiol.*, t. IV, p. 271-289.

(3) *Comparez* à ce sujet les expériences de Belfield-Lefebvre, *loc. cit.*, p. 28, 48, 52.

depuis l'affection la plus légère jusqu'à la plus intense, n'est ici ni son, ni ou couleur, etc., mais ce quelque chose indescriptible qu'on appelle le se et dont les modifications ne dépendent souvent que de l'étendue des parti tées. Ainsi, par exemple, les élancements annoncent une affection viol parties peu étendues, la douleur gravative une affection moindre, mais pl due et plus profonde. Cette dernière circonstance distingue le sentime pression de celui du simple attouchement.

La sensation de choc ou de coup naît d'un changement brusque de l nerfs par une cause externe ou interne, par l'influence mécanique d'u ou par la rupture de l'équilibre électrique. Un courant de principe nerv s'échappe soudainement du cerveau, dans l'effroi, peut aussi être senti coup ou comme choc. Le mode de cette sensation ne dépend donc point de mécanique d'un corps.

Une répétition rapide de chocs provoque, dans quelques autres sens, de tions particulières, dont la qualité dépend de la succession des secousses, dans le sens de l'ouïe, et, à ce qu'il paraît aussi, dans celui de la vue. C d'excitation n'exerce, au contraire, aucune influence sur les sens de l'odor goût. Comment celui du toucher se comporte-t-il à son égard ?

Une succession rapide de chocs égaux, tels que ceux qui sont nécessai produire la sensation d'un son musical, est sentie comme tremblement pa du toucher. C'est ainsi qu'on sent non seulement la résonnance d'un corp mais encore un son excité dans l'eau, lorsqu'on plonge dans ce liquide tenant un corps solide, par exemple un morceau de bois. Si la sensation d tions est plus forte, et si elle a lieu dans des parties irritables, telles que le elle peut avoir l'expression commune ou générale du chatouillement, t l'éprouve quand on approche de ses lèvres un diapason vibrant. La mêm tion se manifeste aisément aussi à la langue par l'effet des vibrations. On

La sensation de la douleur paraît être déterminée par la violence de l'excitation du toucher.

Celle du froid et du chaud se manifeste surtout par suite d'un changement d'état de la matière, que la chaleur physique détermine dans les parties animales; mais elle a lieu aussi dans des circonstances où nulle modification de la température n'est appréciable à l'aide du thermomètre, par un désaccord dans les nerfs, et les sensations soudaines du froid glacial et d'ardeur brûlante paraissent se ressembler beaucoup.

Au reste, quand on compare, au moyen du toucher, les températures de milieux différents, il faut avoir égard à la capacité des corps pour la chaleur physique. Une même température agit avec bien plus de force sur notre peau, et nous semble beaucoup plus chaude, lorsqu'elle a pour véhicule l'eau, au lieu de l'air. L'eau froide nous paraît plus froide aussi que l'air à la même température, parce qu'elle soustrait plus rapidement de la chaleur à notre corps.

III. Toucher et idée.

Une sensation tactile arrive toujours à la conscience lorsque le *sensorium commune* y fait attention; dans cette circonstance, le phénomène organique de la sensation a bien lieu, mais il n'est pas remarqué. L'intention rend aussi plus nettes les sensations que procure le toucher. Une douleur devient d'autant plus pénible que l'attention s'y attache davantage. Une sensation insignifiante par elle-même peut également acquérir par là une durée très fatigante : c'est ce qui arrive, par exemple, aux démangeaisons qui surviennent dans un point très limité de la peau. Lorsqu'une personne lance de la salive au visage de ses interlocuteurs, l'idée de la salive rend la sensation plus vive et plus insupportable.

Par le concours de l'imagination et l'usage de l'expérience acquise, nous en venons à placer ce que nous sentons tantôt au-dedans et tantôt au-dehors de nous-mêmes. Rigoureusement parlant, on ne peut sentir que l'état de ses nerfs, qu'il ait d'ailleurs été provoqué par une cause interne ou par une cause externe. Quand nous sentons quelque chose, ce n'est pas la chose extérieure elle-même, mais seulement la mise en contact avec l'objet; l'idée de la cause extérieure fait que nous donnons à ce que nous sentons le nom du corps qui détermine en nous cet effet. J'ai fait connaître la manière dont nous acquérons l'idée du monde extérieur par opposition à notre propre corps. La notion d'objets tactiles repose, en dernière analyse, sur la possibilité de distinguer les diverses parties de notre corps comme occupant une place différente dans l'espace. La distinction devient plus nette et plus sûre par l'usage du sens. Elle acquiert un tel degré de certitude chez l'adulte, que, même dans le cas où les parties de notre corps ont une position forcée, si nous ne faisons pas attention à cette circonstance, nous nous représentons les sensations suivant le même ordre relatif que les parties d'où elles émanent conservent entre elles dans l'état normal. De là le phénomène, connu déjà d'Aristote, qu'une boule roulant entre les deux doigts superposés de la même main procure la sensation de deux surfaces sphériques opposées, qui semblent appartenir à deux boules différentes.

L'extension d'une sensation tactile à une grande surface produit sur nous, toutes choses égales d'ailleurs, l'effet d'une impression plus intense que celle qui résul-

Mais la capacité de comparer s'affaiblit d'autant plus qu'un laps de temps s'écoule entre la première sensation et la seconde.

IV. Toucher et mouvement.

Les muscles jouissent aussi d'un certain degré de sensibilité tactile, s'accroître beaucoup dans le cas d'affection maladive de leurs nerfs. Cet tion n'est pas toujours en raison directe de la contraction des muscles, et peut conclure, avec vraisemblance, que ce ne sont pas les mêmes fibres n qui président au mouvement et au sentiment des organes. Ainsi, par exe sensation de crampe dans les muscles du mollet peut être très vive, et le ment extrêmement faible. On observe quelquefois la même chose au mus trique de la mâchoire inférieure, pendant le bâillement : lorsqu'on éprou soin de bâiller plusieurs fois de suite, il n'est pas rare qu'après un bâillen considérable, le ventre antérieur de ce muscle soit pris d'un spasme fort reux; mais alors le mouvement du bâillement a cessé, et le mouvement est beaucoup plus faible qu'il ne l'était quelques moments auparavant.

La sensation de contraction dans les muscles nous permet de comparer le quand nous résistons à une pression ou quand nous soulevons des fardeaux. Suivant Weber, la sensation de poids est plus prononcée que celle d'une simple pression. Cet écrivain nous assure que l'on perçoit encore une différence existe deux poids, qui ne s'élève pas plus d'un trentième ou d'un quinzième d'eux. Il ne s'agit point ici de l'étendue absolue, mais seulement de l'étendue relative de la différence. Au reste, il n'est pas bien certain que l'idée de la force employée à la contraction musculaire dépende uniquement de la sensation. Nous avons une idée très exacte de la quantité d'action nerveuse partant du cerveau qui est nécessaire pour produire un certain degré de mouvement. Nous employons pour soulever un vase dont la capacité nous est connue, un effort qui est

muscle, mais une notion de la quantité d'action nerveuse que le cerveau est excité à mettre en jeu. La certitude de n'avoir pas assez de force pour tenir plus longemps un poids, doit aussi être bien distinguée du véritable sentiment de lassitude dans les muscles.

La même idée se représente dans les sensations accompagnées de mouvement. La sensation de mouvement est très faible quand nous faisons agir la main, et les personnes qui ne connaissent point la situation des muscles chargés d'accomplir un mouvement donné, ne soupçonnent même pas que le mouvement des doigts s'exécute à l'avant-bras. Cependant l'idée de l'effet du mouvement dans l'espace avec une grande précision, et celle qu'elle fait naître de la corporalité et de la forme d'une chose dépend en grande partie de l'idée que nous avons de l'effet du mouvement. Il peut donc très bien se faire que, sans avoir besoin du sentiment pour cela, le *sensorium* sache juger de l'espace parcouru par le mouvement volontaire, d'après les groupes de fibres nerveuses vers lesquelles afflue le courant du principe nerveux. Ce qu'il y a de plus merveilleux, c'est l'assurance avec laquelle nous mesurons nos efforts, soit pour maintenir notre propre corps ou des corps extérieurs que nous soutenons en équilibre sur un point d'appui peu étendu, soit pour exécuter les mouvements volontaires ou involontaires qui déplacent notre corps entier.

Le palper n'est autre chose qu'un toucher volontaire avec mouvement. Entre lui et le toucher, il y a le même rapport qu'entre flairer et sentir une odeur. Toute partie sensible qui peut, par des mouvements, varier ses points de contact avec des corps extérieurs, est susceptible de palper. Le palper n'appartient donc à aucune région du corps exclusivement : seulement, la main y est plus propre que toute autre partie, en raison de sa structure, parce que les mouvements de pronation et de supination qu'elle peut exécuter lui permettent de mesurer l'espace à l'aide d'une sorte de rotation, parce que le pouce est opposable aux autres doigts, et parce que ceux-ci jouissent d'une mobilité relative. L'aptitude à palper dépend, en outre, de la finesse du toucher, et de l'isolation de la sensation dans les molécules de l'organe sensible. Les sillons réguliers du creux de la main, et la disposition des papilles cutanées en séries, doivent accroître la délicatesse du toucher, car ces inégalités découvrent plus aisément celles des corps, et sont plus facilement affectées par elles isolément les unes des autres.

Lorsque nous nous formons, par le toucher, l'idée de la forme et de l'étendue d'une surface, nous multiplions l'étendue de la main ou du doigt mis en contact avec cette surface, autant de fois qu'elle se trouve contenue dans l'espace que le membre mobile parcourt en palpant. Pour acquérir l'idée de l'étendue dans l'espace, nous répétons le même acte suivant les différentes dimensions du corps.

V. Sensations consécutives et contrastes du toucher.

Les sensations consécutives du toucher sont très vives et persistent longtemps. Tant que dure l'état dans lequel le stimulus a mis l'organe, les sensations de celui-ci continuent, bien que le stimulus soit depuis longtemps éloigné. Les sensations, tant douloureuses que volupteuses, en fournissent des exemples.

Ce qui a été dit des oppositions entre les sensations, quand nous avons parlé de la vue, s'applique également au toucher. Lorsqu'on est demeuré pendant quelque temps exposé à une température élevée, le moindre abaissement du thermomètre

par des causes internes sont le plus fréquentes. Les sentiments de plaisir, leur, de froid, de chaud, de légèreté, de pesanteur, de fatigue, etc., tous être déterminés par des états intérieurs. Les névralgies, le frissonnement mication, les états des organes génitaux qui surviennent spontanément pe sommeil, en sont des exemples frappants. L'accroissement de l'afflux du s ces organes se fait sentir dans presque tous les sens, et dans chacun d'une correspondante à l'énergie du nerf spécifique, comme figure lumineuse nerf optique, comme sifflement ou bourdonnement dans l'oreille, comme p dans les nerfs tactiles. Cette sensation a des causes mécaniques ; mais elle p provoquée par un état des nerfs dans les parties où le pouls ne se fait d point sentir. Il faut également ranger ici les sensations tactiles provoca l'imagination. De même que l'idée d'une chose dégoûtante détermine so dégoût, de même aussi l'idée de la douleur appelle fréquemment celle-ci d partie qui y est prédisposée. Lorsqu'un organe se trouve exposé à la sensati courant dans son intérieur, cette sensation reparaît, longtemps après que rant a cessé, quand on y pense. L'idée d'une chose propre à faire frissonne mine la sensation tactile du frisson. La tension de l'esprit, l'émotion, l'ex casionnent chez certaines personnes un sentiment de concentration au so la tête, et un frissonnement par tout le corps. Lorsqu'on éprouve de l'effr des sensations dans un grand nombre de parties du corps. La seule idée touillement suffit pour en faire naître la sensation chez les personnes chatou lorsqu'elles voient quelqu'un faire mine de les chatouiller.

Les sensations tactiles subjectives ont lieu surtout chez les personnes système nerveux est très irritable, chez les hystériques et les hypochond auxquels on reproche quelquefois d'accuser des maux imaginaires. Si l'on par là que leurs douleurs existent seulement dans leur imagination, on se beaucoup. La douleur n'est jamais une chose imaginaire ; due à une cause

Les sympathies du toucher avec les autres sens et avec les mouvements ont lieu par réflexion : il en a été question dans le chapitre consacré aux effets de cette dernière. Le conflit des sensations tactiles avec les sécrétions a été discuté dans la physique des nerfs.

LIVRE SIXIÈME.

DES FACULTÉS INTELLECTUELLES.

SECTION I.

DE LA NATURE DE L'AME EN GÉNÉRAL.

CHAPITRE PREMIER.

Des rapports de l'âme avec l'organisation et la matière.

Connaissances expérimentales.

Au commencement de ce Manuel, j'ai comparé l'organisme à un système de parties qui seraient liées ensemble pour atteindre un certain but, et dont l'action tiendrait à un ordre harmonique continuel entre les divers membres dont l'ensemble le constitue. Mais, dans cette comparaison, le nombre des différences l'emporte sur celui des analogies. L'organisme ressemble à une machine eu égard à la coordination systématique qui y règne dans la vue d'arriver à un but déterminé ; mais c'est lui-même qui produit le mécanisme de ses organes, dans le germe, et qui le propage. Non seulement l'action des corps organisés dépend de l'harmonie des organes, mais encore l'harmonie est un effet des corps organisés eux-mêmes, et chaque partie a sa cause, non en elle-même, mais dans la cause du tout. Une machine est produite d'après un modèle dessiné dans la tête du mécanicien, et pour répondre à l'effet que son action doit avoir. Tous les organismes ont aussi pour base un modèle, une idée, d'après laquelle leurs organes sont construits d'une manière adéquate. Mais, pour ce qui concerne la machine, cette idée lui est extérieure, tandis que, pour ce qui regarde l'organisme, elle se trouve dans son intérieur, où elle crée nécessairement et sans intention ; car la cause des corps organisés, qui déploie une si belle harmonie dans ses effets, n'a pas le choix, et c'est pour elle une nécessité que de réaliser tel ou tel plan, à l'exclusion de tout autre : agir d'une manière harmonique et agir nécessairement ne font qu'un pour elle.

Par cela même qu'elle agit en conformité d'une idée et nécessairement, la cause d'un corps organisé ne dépasse jamais les limites des lois qui lui sont assignées : jamais les formes et les forces de ses produits ne ressemblent à celles d'un autre être organisé dont la vie se rattache à une idée différente de celle qui préside à la sienne. Cependant les divers organes sont unis aussi par un lien supérieur, qui réside au fond de leur création, et qui les a distribués en classes, ordres, familles,

genres, espèces. Le genre n'existe que dans les espèces indépendantes les unes des autres, et non comme organisme qui procrée ces espèces. L'unité de la pensée fondamentale s'exprime partout, soit dans le règne végétal, soit dans le règne animal, au milieu de la variété infinie qu'a revêtue la manifestation de cette pensée; mais chaque forme particulière, parmi la multitude des espèces diverses qui appartiennent à un genre, ne peut quitter le type de sa formation et de sa vie intérieure. L'espèce périt donc dès que tous les individus vivants qui la composent viennent à être anéantis, ainsi que leurs germes. Hors ce cas, elle est impérissable, puisqu'une partie de sa force s'épanche des êtres producteurs, qui sont périssables, dans leurs produits.

L'activité en vertu de laquelle le principe vital réalise une idée dans les organismes ne nous est connue qu'autant qu'elle a lieu dans ces derniers eux-mêmes. Si des formes organiques déterminées se produisaient spontanément et indépendamment de tout organisme déjà existant, nous aurions là un exemple d'une force vitale agissant en conformité d'idées déterminées, ailleurs que dans des organismes. Mais, chaque fois qu'on veut soumettre la génération spontanée à une investigation rigoureuse, on trouve qu'elle manque de preuves, et qu'on ne saurait en donner la démonstration,

Il n'est nullement probable que le principe vital qui produit toutes les parties d'un organisme conformément à une idée ou à un type soit lui-même composé de parties, et l'on peut en dire autant de l'âme sensitive des animaux. Une chose dans l'essence de laquelle il entre d'être composée de parties change de nature quand elle vient à être divisée. Mais le principe organisateur d'un végétal ou d'un animal peut être divisé, avec le végétal ou l'animal auquel il est inhérent, sans rien perdre de son essence comme pouvoir organisateur; car, au moment où l'on vient à les séparer, les segments d'un polype et d'une planaire deviennent ou sont déjà de nouveaux êtres jouissant d'une organisation harmonique, et capables de produire leurs semblables. Le principe du sentiment et de la pensée, chez les animaux, se trouve dans le même cas, en admettant qu'il diffère du principe vital. Ce principe ne saurait être composé de parties, puisqu'alors il perdrait son essence lorsqu'un animal viendrait à être divisé. Mais il peut être divisé, aussi bien que l'animal lui-même, sans rien perdre de cette essence, car les segments conservent chacun la faculté de sentir, de vouloir, de désirer. Enfin, ce qui est vrai de l'âme des animaux doit l'être également de celle de l'homme; car tout ce qui sent, tout ce qui se meut volontairement pour atteindre l'objet de ses désirs, est animé, comme Aristote l'enseignait déjà dans son Traité de l'âme (1), où il dit : « Du moment qu'ils sentent, ils ont des idées et des désirs, car là où il y a sentiment, il y a aussi douleur et plaisir : donc l'existence entraîne nécessairement celle du désir. » Le principe vital et l'âme d'un animal se comportent donc de la même manière à cet égard; ils sont inhérents à la matière des êtres organisés, mais sans être composés de parties, et ils sont susceptibles de division, comme cette matière, sans que leur puissance subisse par là aucun changement.

J'ai déjà prouvé ailleurs que le principe vital n'a son siége dans aucun organe en particulier; car : 1° il préexiste à tous les organes dans le germe, et agit même

(1) Voy. *Traité de l'âme*, trad. par Barthélemy Saint-Hilaire. Paris, 1846.

hez les monstres anencéphales et acéphales, malgré l'absence du cerveau, malgré a diminution de ses moyens d'action; 2° des parties qu'on détache du corps d'animaux t de végétaux continuent de vivre, et se transforment en organismes complets; 3° le germe qui se détache du tout, contient, chez les animaux supérieurs et chez l'homme, e principe organisateur dont l'action s'exerce d'une manière harmonique. La éparation qui s'opère entre le germe et l'organisme maternel est une véritable scission, et la partie ainsi séparée ne diffère d'un bourgeon détaché d'une plante, l'un segment d'animal apte à continuer de vivre, que parce que ce bourgeon ou ce segment est déjà complétement organisé, tandis que le germe contient seulement le pouvoir d'acquérir une organisation complète. Mais c'est la même force qui agit dans les deux cas. Nous n'avons point à nous occuper ici du dualisme des sexes, ni du besoin que le germe a de la fécondation pour s'organiser, car cette dernière action n'est point nécessaire pour qu'une partie déjà organisée continue de vivre après avoir été séparée d'un tout organique; il y a plus même : le dualisme des sexes, dans les cas où la fécondation est nécessaire, peut être réduit à un simple dualisme d'organes sexuels chez un même individu, comme le prouvent les plantes et les animaux hermaphrodites, parmi lesquels plusieurs, les tænia entre autres, ont la faculté de se féconder eux-mêmes.

J'ai prouvé aussi que l'âme, comme cause des phénomènes moraux, de la conception des idées, de la pensée, etc., ne peut pas non plus être attribuée au cerveau seul, et que, bien qu'elle se manifeste uniquement dans cet organe, son essence veut qu'elle soit répandue dans l'organisme entier, puisqu'elle reparaît dans le germe, dans la graine, dans les bourgeons des animaux gemmipares et dans les segments des animaux scissipares, puisqu'elle déploie l'aptitude à sentir, à vouloir, à désirer, dès que la partie détachée du corps a acquis l'organisation nécessaire aux manifestations de la vie morale.

Toutefois j'ai fait voir également que l'âme, en tant qu'excitatrice des phénomènes de la conscience, n'agit que dans un organe déterminé, dans le cerveau. Elle n'existe que virtuellement dans le simple germe : pour se manifester comme conscience, et agir comme telle sur les organes du corps, elle a absolument besoin de l'organisation du cerveau, sans lequel il n'y a ni sentiment, ni volonté, ni conception, ni pensée. Mais le germe produit l'organe au moyen duquel cette âme acquiert la conscience de soi-même, sent par l'intermédiaire de l'organe sensoriel les impressions qui peuvent être faites sur l'organisme, et réagit par des impulsions volontaires sur les organes de mouvement soumis à son empire.

Le développement du germe dépend de conditions extérieures. L'organisation de la matière par le principe vital d'un germe ne s'accomplit qu'autant que cette matière a subi une certaine élaboration par l'effet d'influences du dehors, telles que la chaleur et l'air. Sans une pareille assistance, le germe ne saurait s'assimiler la matière qui l'entoure, parce que celle ci ne devient apte à s'unir avec la sienne qu'après avoir éprouvé certains changements chimiques. Le principe vital peut donc lui-même exister virtuellement, ou à l'état latent, dans le germe, comme l'âme du corps déjà organisé et animé peut exister sous la même forme dans les parties de ce corps autres que le cerveau.

On voit d'après cela quels sont les points à l'égard desquels le principe vital et l'âme se ressemblent et diffèrent l'un de l'autre, quant à leurs rapports avec la

matière. Ni l'un ni l'autre n'est composé de parties, mais tous deux sont divisibles avec la matière, et tous deux peuvent exister à l'état latent. Pour se manifester dans la matière, le principe vital n'a besoin, partout où il se rencontre, que du concours chimique d'influences extérieures. L'âme sentante et pensante a besoin de la matière déjà organisée et de l'organisation du cerveau.

Le germe et le jeune animal ne diffèrent pas seulement de l'organisme adulte parce qu'ils ne sont pas encore complétement organisés et que leurs organes ont moins de développement. La différence essentielle entre le germe et l'organisme apte à procréer consiste en ce que celui-ci est un multiple du germe, circonstance qui seule explique comment une partie du multiple peut se détacher et devenir la souche d'un nouveau multiple, sans que le reste de l'organisme procréateur perde sa faculté organisatrice.

C'est chez les végétaux qu'on démontre le plus aisément qu'en s'accroissant un corps organisé devient un multiple du germe; car les parties qui se forment pendant l'accroissement sont des répétitions continuelles de segments similaires; les bourgeons reproduisent toujours de nouvelles parties analogues, tiges et feuilles, et tous les bourgeons, pris ensemble, ne sont qu'un multiple du germe bourgeonnant, du germe qui se réduit en tige et en feuilles. Le tronc d'un végétal adulte contient en quelque sorte, dans les vaisseaux qui se rendent aux bourgeons, la somme de toutes les tiges de ceux-ci, ce qui fait qu'il augmente à proportion que de nouveaux bourgeons se forment. Toute branche qui pousse est déjà un multiple du germe bourgeonnant : naturellement donc elle doit devenir une nouvelle tige quand on la détache et qu'on la met en terre.

Les coraux forment aussi des bourgeons qui, en se développant, deviennent des multiples du polype auquel l'œuf a donné naissance.

La multiplication par le fait de l'accroissement n'est point aussi sensible chez les vers; mais on peut prouver que, chez ces animaux, il se passe quelque chose d'analogue au fond. On sait que certains vers se multiplient par augmentation du nombre de leurs anneaux. Les jeunes tænias ont encore si peu d'anneaux qu'ils ressemblent plutôt à la tête d'un de ces animaux qu'à un ver entier. Mais, quoique les anneaux mûrs du tænia ne soient pas des répétitions formelles du jeune animal, le phénomène de la multiplication s'y manifeste cependant par le fait que tous produisent des ovaires particuliers où, dans une innombrable quantité de germes, ils répètent le premier germe d'où le jeune tænia est provenu. Les naïdes se divisent même spontanément, lorsqu'elles ont acquis une certaine taille, et les parties séparées se développent en un organisme nouveau, dès avant que la division soit accomplie. Les vorticelles se divisent en long. Les planaires et les hydres peuvent être divisées.

De ce que les segments d'une hydre coupée en morceaux n'ont point déjà la structure d'une hydre entière, mais ne tardent pas à en redevenir spontanément une complète, il suit que la multiplication ne peut point être considérée comme une simple augmentation numérique de formes analogues, douées de forces également analogues, et qu'elle a lieu virtuellement aussi, puisque des formes dissemblables ont virtuellement des propriétés semblables. Ce phénomène fait pour ainsi dire passage aux animaux supérieurs, qui, à la vérité, ne se reproduisent pas par scission, et ne peuvent pas continuer de vivre quand on les coupe en morceaux,

en sont cependant pas moins virtuellement un multiple de germe. Ici une
lu multiple ne peut se détacher du tout, avec l'aptitude à se développer,
nt qu'elle s'isole sous forme de germe, c'est-à-dire à l'état de non-dévelop-
. La production de germes, qui deviennent à leur tour des multiples, four-
:xemple du travail organique dont les variétés viennent d'être passées som-
ent en revue. Dans la scission, la gemmation, la génération, il y a, comme je
division du principe vital et du principe mental.

e présente une dernière question, celle de savoir comment il se peut faire
:croissement d'un être organisé produise un multiple de sa force organisa-
t comment on doit concevoir la divisibilité du principe mental, qui se trouve
en même temps. Est-il dans la nature du principe vital et de l'âme, comme
ce, qu'en s'étendant à une plus grande masse de matière, et se divisant, ils
linuent pas? ou bien l'assimilation de matière nouvelle dans un organisme
ccroît, y fait-elle naître aussi une plus grande somme de ces principes,
préexistant à l'état latent dans la substance nutritive, mais ne pouvant s'y
ter qu'autant qu'elle vient à faire partie d'un être organisé?

econde hypothèse en implique nécessairement une autre, savoir, que le
e de la vie et l'âme existent à l'état latent dans toute matière quelconque;
les animaux ne peuvent vivre que de végétaux, les végétaux peuvent ac-
la matière organique aux dépens de substances inorganiques, et sans cette
tion incessante la matière organique finirait par être totalement détruite, à
le la putréfaction et de la combustion de tant de substances qui n'entrent
itre d'aliments, dans les êtres organisés.

y a pas moyen de pousser plus loin, sur le terrain de l'expérience, la re-
e des relations qui existent entre le principe vital et l'âme, d'une part, l'or-
ion et la matière, d'autre part. Au delà de cette limite, nous sortons de la
ogie empirique, et nous tombons dans le domaine des spéculations hypo-
es et de la philosophie, ce que j'ai évité jusqu'ici de faire, mon problème
e rechercher seulement quelles sont les inductions probables qui découlent
préciation philosophique des faits. Comme il me paraît inconvenant de sub-
une autre méthode à celle qui est généralement adoptée en physiologie, ou
ourir tantôt à l'une, tantôt à l'autre, suivant le besoin ou le caprice, je me
terai de développer spéculativement les deux hypothèses sans me prononcer
ur ni de l'une ni de l'autre. Je ne suivrai exclusivement aucune forme de
phie, et j'exposerai seulement chaque système aussi clairement qu'on peut
sans le confondre avec les faits physiologiques, et cependant sans le mettre
ccord avec eux.

Systèmes cosmologiques.

*Hypothèse suivant laquelle l'organisation et la vie intellectuelle dépendent
actives, ou d'essences spirituelles implantées dans l'organisme.*

ivers entier est bien l'expression des idées de l'intelligence suprême, mais,
s êtres organisés, il n'y a d'actives que des idées divines, qui reproduisent
s leurs semblables, et qui développent dans la matière le mécanisme néces-
la manifestation des effets des corps organisés eux-mêmes. L'idée motrice
ve d'un corps organisé est donc une émanation de la divinité, qui vit en lui

et dans ses produits depuis l'instant de la création. Cette idée est la seule chose permanente en lui, car la matière l'abandonne sans cesse, et continuellement de nouvelle matière se trouve soumise à l'influence de cette idée motrice. Sans elle, la matière n'a ni vie ni âme, même virtuellement, ou à l'état latent. Tous les phénomènes vitaux et intellectuels qui se déploient dans la matière élaborée par les corps organisés dépendent uniquement de l'idée qui domine les organismes.

Cette doctrine se trouve exposée sous forme de mythe dans le *Timée* de Platon. C'est aussi la plus répandue de toutes, pour l'explication des rapports qui existent entre l'âme et le corps. L'idée motrice de la vie peut, à la mort, rompre ses liens avec le corps, et retourner à la source divine d'où elle est émanée lors de la création des êtres animés. L'âme est donc, en elle-même, étrangère à la matière animée de forces purement physiques; elle y est seulement enchaînée, et ses liens peuvent se rompre. Les différents mythes relatifs à l'état de l'âme après la mort, les idées des pythagoriciens et de Platon sur le sort des esprits après la dissolution du corps, celles des néoplatoniciens et des mystiques sur la possibilité de dégager l'âme, même en cette vie, des liens de la matière, toutes ces doctrines sont des variantes d'un seul et même système cosmologique, suivant lequel l'âme, étrangère au corps, n'est une force ni de ce corps ni en général de la matière, et ne se trouve qu'à l'état d'union avec lui dans les êtres organisés. Cette doctrine a pour elle l'intérêt que chacun porte à sa propre personnalité, et qui lui fait désirer qu'elle persiste même au delà du tombeau. Cependant il est peu d'hommes que l'absorption de la personnalité de leur esprit par l'esprit général de l'univers satisfasse, et qui, avec Fichte, fassent consister la suprême félicité, dès la vie d'ici-bas, à tendre vers l'infini et l'éternité.

Mais, comme la vie et l'âme, ou, en d'autres termes, l'idée motrice, ne sont pas des attributs latents de toute matière, la multiplication et la division des êtres organisés, et la division simultanée des âmes, ne peuvent pas, dans cette hypothèse, être attribuées à l'assimilation de nouvelle matière par la voie de la nutrition; elles doivent être expliquées par une propriété du principe vital et de l'âme, qui, en opposition avec la façon dont se comporte la matière, les rend capables de se diviser à l'infini, sans que leur force en soit diminuée ou affaiblie. Assurément il est difficile à l'intelligence de concevoir une telle propriété. D'un autre côté, l'hypothèse suivant laquelle les idées motrices émanent de la divinité et sont indépendantes de la matière, explique sans peine comment les différents organismes, leurs classes, leurs ordres, leurs familles, leurs genres et leurs espèces, quoiqu'indépendants les uns des autres, expriment cependant d'une manière si frappante l'influence originelle d'une idée régulatrice. Cette idée générale est suivie avec une précision tellement logique dans toutes les modifications offertes par les divers genres d'une famille, qu'il suffit souvent aux zoologistes de connaître les caractères d'une famille et de quelques uns des genres qui s'y rapportent, pour prévoir l'existence des autres genres et de leurs particularités distinctes. L'état actuel de la création répond aussi à l'hypothèse d'idées actives originairement implantées dans l'organisme : car, lorsqu'un événement fortuit vient à détruire tous les individus d'une espèce organique, cette espèce ne peut plus être reproduite par la vie générale de la nature. La ressemblance que les germes de tous les êtres organisés ont entre eux, quant à la structure primitive, puisque tous sont des cellules

à noyau, semble aussi prouver que la diversité des classes, familles, genres et espèces d'animaux et de végétaux qui se développent de ces germes, a pour cause, non leur structure ou leur constitution chimique, mais une idée active innée.

2° *Hypothèse panthéistique d'une âme du monde et de ses rapports avec la matière.*

Une doctrine entièrement opposée à la précédente soutient que le principe de la vie est inhérent à la matière, et que, loin d'être ajouté à cette matière, il n'en est qu'une simple propriété, dont, à la vérité, elle ne jouit que sous des conditions déterminées de composition, de structure et de forme. Quand la matière entre dans les corps organisés, elle y trouve réunies les conditions nécessaires pour que le principe de vie qu'elle renferme à l'état latent se manifeste sous la forme déterminée de tel ou tel corps organisé. De cette manière on conçoit que la force organique puisse se multiplier par accroissement, et qu'elle soit susceptible de division. Un être vivant qui meurt ne perd que les conditions sans lesquelles la vie ne pouvait se manifester sous une forme donnée, et la matière, aussi animée, aussi apte à vivre qu'auparavant, rentre dans le sein de la nature.

Telle est l'expression pure et simple de cette doctrine, à la fois panthéistique et matérialiste, quand on la dégage de toutes particularités historiques, et qu'on l'adapte à la solution du problème qui a été posé précédemment. Des systèmes cosmologiques plus ou moins empreints de ses couleurs avaient été imaginés par les philosophes de l'ancienne Grèce. Anaxagore enseignait que tout peut provenir de tout, et que l'esprit est l'âme de toutes choses, la forme universelle de toutes les choses. Héraclite prétendait que les êtres animés reçoivent le principe spirituel de l'univers par la respiration et les sens. Mais personne n'a exposé plus clairement cette théorie du monde que Giordano Bruno. L'extrait suivant d'un de ses principaux ouvrages (1) donnera une idée d'un système qui a été reproduit et développé par divers écrivains modernes sur la philosophie.

« L'âme du monde remplit et illumine le monde entier, et instruit la nature à produire les genres et les espèces des choses, telles qu'elles doivent être. Cette intelligence créatrice universelle a les mêmes rapports avec la production des choses naturelles que notre intelligence avec les conceptions de genres et d'espèces..... La cause finale que se propose la cause première, l'âme créatrice du monde, est la perfection du tout. Celle-ci consiste en ce que toutes les formes possibles soient réalisées dans des parties et des masses diverses de la matière, but dans lequel l'intelligence générale se complaît tellement qu'elle ne se lasse jamais de tirer toutes les variétés de formes du sein de la matière... La cause de toutes choses doit être une âme, cette âme qui règne sur toute la matière de l'univers et qui, bien qu'unité en elle-même, produit des choses diverses et douées de qualités différentes, d'après la faculté qu'a la matière de prendre des formes variées, et d'après l'aptitude de ses forces actives. Quelques unes de ces choses vivent sans sensibilité, parce que les forces spirituelles sont opprimées par la matière prépondérante, soit en raison de leur propre faiblesse, soit par d'autres causes.... De ce que les corps célestes et la nature en général ne possèdent point la faculté humaine de penser ou la mémoire, il ne suit pas qu'elles forment leurs produits sans nulle intelligence ou sans

(1) *Dialoghi de la causa, principio e uno.* Venise (Londres), 1584.

aucune intention : car on voit des musiciens et des écrivains parfaitement exercés ne pas violer les règles, bien qu'ils accordent peu ou point d'attention à ce qu'ils font... Je dis donc que la table, comme table, n'est point animée, ni l'habit comme habit, ni le cuir comme cuir, ni le verre comme verre, mais qu'en leur qualité de produits naturels et de choses composées, ils ont nécessairement matière et forme. Donc, quelque petite et futile que puisse être une chose, elle n'en renferme pas moins une partie de la substance spirituelle, qui, lorsqu'elle trouve un *substratum* convenable, est apte à devenir une plante ou un animal. En un mot, il y a un esprit en toutes choses, et nul corps n'est si minime qu'il ne contienne une partie de la substance divine, qui l'anime. »

D'après cette théorie, les organismes sont des effets de la première de toutes les causes; ce sont des corps animés, dans lesquels les phénomènes de la vie et de l'intelligence se manifestent sous une forme déterminée, en vertu d'une certaine structure et d'une certaine composition chimique. Cette structure n'est point un résultat du hasard, car elle aussi émane de l'esprit créateur de Dieu, et la connexion idéale de tous les êtres organisés, distribués en classes, familles, genres et espèces, suffit déjà pour exclure toute idée d'intervention d'un pur hasard. Mais, dès que la matière à laquelle on donne l'épithète de morte, entre dans la sphère d'action d'un organisme actuellement existant, qui lui imprime une structure semblable à la sienne, et la soumet à son propre principe de vie, l'aptitude à vivre qui lui était inhérente, mais à l'état latent, se manifeste sous une forme déterminée, et cette forme est obligée de se mouler sur celle de l'organisation à laquelle elle vient se rattacher. De cette manière, l'assimilation de la matière par un être organisé accroît la force organique, et l'accroissement de cette force en rend la division possible. La physique nous offre plusieurs exemples analogues de forces qui, sous l'influence de certaines conditions, peuvent passer de l'état latent à celui de manifestation; c'est ce qui arrive à l'électricité, à la lumière, au calorique.

Dans l'exposé que je viens de faire des doctrines cosmologiques du panthéisme, je me suis attaché uniquement aux vues les plus générales. Il ne saurait entrer dans mon plan de discuter les diverses formes philosophiques qui s'y rattachent. Mon seul but était de présenter les deux hypothèses à l'aide desquelles la spéculation reprend le fil des idées là où l'empirisme physiologique se trouve dans la nécessité de l'abandonner.

CHAPITRE II.

De la vie intellectuelle dans un sens plus restreint.

Différence entre la vie et l'esprit.

La vie, dans les corps organisés, détermine des effets dont la conscience n'est point informée. Ces effets consistent en ce que non seulement elle développe et entretient le mode d'organisation qui lui est approprié, mais encore reproduit son semblable. Ils sont les mêmes chez les végétaux et chez les animaux. Ce que le germe reçoit de l'organisme maternel, comme pierre fondamentale de sa structure, est la

cellule, avec le noyau implanté dans sa paroi, ce qu'on appelle, chez les animaux, vésicule et tache germinatives. Les premiers phénomènes de l'organisation sont la formation, aux dépens des noyaux, de cellules semblables à celles qui existaient déjà. Le blastoderme des animaux est composé d'une agrégation de cellules, d'après les observations de Schwann, qui nous apprennent que les tissus du fœtus se forment primitivement à la manière des cellules végétales, attendu que, comme chez les végétaux, les cellules ont, la plupart du temps, leurs parois pourvues de noyaux, autour desquels se développent d'autres cellules. C'est plus tard seulement, lorsque les cellules se transforment en tissus permanents, que la structure des végétaux et celle des animaux deviennent différentes l'une de l'autre.

Lorsqu'on compare les phénomènes intellectuels, qui n'appartiennent qu'aux animaux et à l'homme, avec les phénomènes d'organisation communs aux végétaux et aux animaux, on trouve entre eux des ressemblances et des dissemblances. Ils se ressemblent en ce point qu'ils peuvent réaliser ce qu'exige l'harmonie, et même ce que demande la raison ; mais cet effet a lieu sans conscience dans les phénomènes organiques, tandis qu'il s'accomplit avec conscience et avec sentiment dans ceux de l'âme. Voilà pourquoi, dans les phénomènes végétatifs de la vitalité, la poursuite de l'harmonie a lieu sans choix, nécessairement; un seul but peut être atteint, la production de la forme et des qualités de telle ou telle plante, de tel ou tel animal. Tout ce qui ne contribue pas à ce but est mis de côté; l'organisme attire ce qui lui est approprié, et le retient. L'idée de telle ou telle plante est le thème que la vitalité poursuit incessamment; la nature et les efforts de la plante ne contiennent pas d'autre idée que celle-là, de même qu'une machine bien faite ne s'écarte jamais des règles qui ont présidé à sa construction.

Dans la sphère de l'âme, au contraire, l'action est bien plus libre, quoique astreinte aussi à certaines limites.

Les objets variés du monde extérieur donnent lieu à la perception d'images, qui sont ensuite reproduites et diversement combinées. L'homme reconnaît aussi ce qu'il y a de général parmi plusieurs images qu'il a perçues, et l'image qui reste de ces qualités générales est ce qu'on nomme une *idée*. Les idées se combinent également, soit entre elles, soit avec des images, et le résultat plus général encore qui ressort de là est la *pensée*. La création n'a point ici de modèle à suivre: elle obéit seulement à la nécessité de combiner, et de faire des idées, c'est-à-dire des images avec plusieurs images. Mais les matériaux de ces images peuvent être fournis par tout ce qui, dans la nature, est susceptible d'agir sur les sens. La vie intellectuelle pourrait donc être comparée à un miroir, qui ne fait que refléter, d'après une loi fort simple de combinaison, des choses existantes hors de l'organisme ou dans son intérieur. Au contraire, l'organisation et la vie reproduisent toujours ce qui leur ressemble; elles ont une forme déterminée, et les propriétés qui s'y rattachent sont créées par elles aux dépens de la matière soumise à leur puissance, mais elles ne prennent point connaissance des objets extérieurs. S'il y a quelque analogie entre les deux actes, elle consiste seulement en ce que la vie intellectuelle arrange les images d'après la loi de combinaison qui lui est inhérente, de même que la vitalité emploie la matière et ses forces physiques d'après la loi de l'organisation qui est également innée en elle.

Quoiqu'il soit possible de reproduire les objets naturels sous forme d'images

intellectuelles, qui sont ainsi des signes représentatifs des choses elles-mêmes, le travail tout entier n'en est pas moins une affaire de pure conscience, car une image intellectuelle n'engendre qu'une image intellectuelle, des signes ne produisent que des signes. Au contraire, la force organisatrice, ou principe vital, réalise le type de ses opérations, quelque restreint qu'il soit, sous une forme matérielle. La pensée peut séparer de l'idée générale qu'elle a conçue les idées particulières qui s'y trouvent comprises, de même que le blastoderme, qui renferme la vitalité générale de l'animal, engendre la structure réclamée par la nature de l'organisme entier ; mais le produit, dans le premier cas, n'a d'existence que dans la conscience de l'individu, tandis que, dans le second, c'est un tissu, un organe. Malgré cette différence entre la production des phénomènes intellectuels et celle des phénomènes organiques, le principe intellectuel et le principe vital ne s'en comportent pas moins de même, presque en tous points, à l'égard de la matière sur laquelle ils exercent leur énergie. Les deux forces peuvent être partagées, ainsi que la matière, et ni l'une ni l'autre n'est composée de parties. Toutes deux peuvent être latentes, et, pour déployer leur activité, elles exigent qu'un changement survienne dans la matière. Enfin elles sont toujours liées l'une à l'autre chez les animaux, de sorte qu'avant que la force intellectuelle devienne apparente, il faut que la force vitale réalise l'organisation du cerveau, sans laquelle l'âme ne saurait agir.

Il est une certaine classe de phénomènes à l'égard desquels la force vitale créatrice d'un organisme animal influe jusque sur les opérations de la vie intellectuelle, produit des séries d'idées, des espèces de songes, et provoque des actions auxquelles on donne l'épithète d'instinctives. L'abeille est obligée de réaliser des cellules de cire d'après un type qui flotte en elle comme un songe : un animal doit construire des habitations, et tramer des tissus, en tout conformes à ceux de ses prédécesseurs, chanter comme eux, accomplir les mêmes migrations qu'eux, et protéger sa progéniture sous l'inspiration de passions qui ne se développent que par l'influence du travail de la génération. L'auteur de ces idées auxquelles l'âme obéit, mais qu'elle n'a pas conçues, est la force organisatrice, la cause première de l'organisme, la puissance qui crée harmoniquement tous les organes. C'est elle qui enseigne aux animaux à s'accoupler, aux petits à se tenir en équilibre sans avoir besoin d'éducation, aux canards à nager sur l'eau, aux taupes à fouiller la terre, aux paresseux à grimper sur les arbres. Dans tous ces phénomènes agit une force qui a les attributs du principe vital, sans jouir des propriétés de l'âme, mais qui ne réalise pas elle-même le thème, et ne fait que donner le thème de l'âme pour qu'il soit réalisé hors du corps. Les cellules des abeilles et les colonnes de l'organe électrique de la torpille sont donc redevables de leur origine à la même cause première ; mais leur cause prochaine n'est pas la même dans le premier cas, l'âme sert d'intermédiaire pour une construction qui doit avoir lieu hors du corps de l'animal (1).

L'influence de la force vitale sur la production des idées et la vie de l'âme peut donc aller jusqu'au point qu'il y ait la plus étroite connexion entre l'un et l'autre phénomène ; mais, que la cause première soit la même dans les deux cas, c'est ce

(1) Cons. à ce sujet P. Flourens, *De l'instinct et de l'intelligence des animaux*, Paris, 1841

ne peut démontrer, non plus qu'il n'est possible d'administrer la preuve du
ıire. Nous devons donc rester dans le doute quant à la question de savoir si
ıarce que les végétaux n'ont pas la structure nécessaire aux manifestations de
, ou parce que les idées actives implantées en eux sont d'une nature diffé-
, que la force organique est la seule à l'action de laquelle ils soient soumis.

Action du cerveau dans la vie intellectuelle.

ınergie ou le mode spécial de la vie intellectuelle, pris dans un sens restreint,
conscience, acte dont le nom même implique l'explication, et qu'on ne peut
lus décrire qu'il n'est possible de donner la description du son, du bleu, du
', de l'amer. De même que le propre du nerf lié avec le *sensorium* est de
', de même celui du cerveau est de procurer la conscience des choses. La
ıption des idées, la pensée et les émotions ou les passions, sont des modes
ı de la conscience. Rien ne nous autorise à admettre dans le cerveau des
es ou des départements particuliers, qui soient consacrés à ces divers actes,
considérer ceux-ci eux-mêmes comme autant de facultés spéciales de l'âme.
ı sont que des modes d'action d'une seule et même force. Quoique la clarté
conception, la profondeur de la pensée et la vivacité de la passion soient
fiées par des changements matériels du cerveau, et que l'intégrité de cet
ıe soit indispensable pour la conscience, cependant la vie intellectuelle ne
it être expliquée par des changements matériels qui surviennent en lui ; on
a regarder comme une activité tout à fait indépendante de la matière, et
ı netteté, la précision de laquelle l'état du cerveau exerce seulement de
ıence. Certainement l'âme n'arrive à la conscience des sensations que par le
n des nerfs et de leur action sur le cerveau ; mais la faculté de conserver
reproduire les images ou les idées des objets qui ont frappé les sens ne
et pas d'admettre que les séries d'idées soient fixées dans telles ou telles
es du cerveau, par exemple dans les corpuscules ganglionnaires de la sub-
e grise ; car les idées accumulées dans l'âme s'unissent ensemble de manières
rariées, telles que leurs relations de succession, de simultanéité, d'analogie,
ssemblance, et ces relations varient à chaque instant. Il est bien vrai que
hangements organiques du cerveau font quelquefois disparaître la mémoire
ıs faits qui se rapportent à certaines périodes, ou de certaines classes de mots,
ıue les substantifs, les adjectifs (1). Mais cette perte partielle ne pourrait
expliquée, au point de vue matériel, qu'en admettant que les impressions se
t d'une manière successive dans des portions stratifiées du cerveau, ce à quoi
st pas même permis de s'arrêter un seul instant. D'ailleurs, si l'on voulait
ıuer la perception et la pensée aux corpuscules ganglionnaires, et considérer
ıvail de l'esprit, quand il s'élève des idées particulières aux notions générales,
ıdescend de celles-ci à celles-là, comme l'effet d'une exaltation de l'action de
ırtie périphérique des corpuscules ganglionnaires relativement à celle de leur
e centrale, ou de celle de leur noyau relativement à leur périphérie ; si l'on
ıdait que la réunion des conceptions en une pensée ou en un jugement, qui
ı à la fois l'idée de l'objet, celle des attributs et celle de la copule, dépend du

(1) Voyez *Bulletin de l'Académie royale de médecine*, t. IV, p. 282 ; t. X, p. 525.

conflit de ces corpuscules et d'une action des prolongements qui les unissent ensemble; si l'on voulait statuer que l'association des idées, suivant l'ordre de leur succession ou suivant leur simultanéité, tient à une action successive de corpuscules ganglionnaires unis ensemble ou à l'action simultanée de plusieurs corpuscules, on ne ferait que se perdre au milieu d'hypothèses vagues et dépourvues de tout fondement.

La seule chose, par conséquent, qu'il soit permis de conjecturer, en général, c'est que de l'intensité des actions organiques des particules du cerveau dépendent la clarté et la précision de nos idées.

Idées primitives, notions générales.

Le fait bien connu, qu'il peut y avoir correspondance entre nos idées et les qualités des objets, a déterminé de tout temps les philosophes à rechercher si cette correspondance a sa source unique dans le témoignage de nos sens, ou si elle dépend aussi d'une certaine harmonie préexistante entre le monde des phénomènes, le microcosme, et l'esprit, ou le microcosme pensant, et si elle procède de certaines lois également nécessaires à la connexion des phénomènes de l'univers et à celle des pensées. Dans le premier cas, on soutient que *nihil est in intellectu quod non erat in sensu*. Dans le second, on suppose l'existence d'idées *a priori*, et en quelque sorte innées, d'idées générales, appelées catégories par Aristote, comme sont les notions de qualité, de quantité, de relation, de modalité. Ces idées générales sont supposées former le contenu pur de la pensée *a priori*, qui est bien excitée aussi par l'expérience des sens, mais qui exerce une influence régularisatrice sur toutes les perceptions acquises par les sens; par conséquent, les notions générales ne procéderaient pas de l'expérience, qui servirait seulement à les faire ressortir. Locke, dans son analyse de l'entendement humain, n'admettait pas que la pensée renfermât rien primitivement, et il faisait provenir les notions générales de l'expérience; l'entendement ne peut ni les produire ni les changer, il est obligé de les recevoir telles qu'elles lui sont données. Cependant, comme les phénomènes sensoriels ne sont point eux-mêmes des idées, et qu'au contraire les idées expriment les relations qui existent entre eux, on se demande comment l'esprit arrive à concevoir une chose qui, bien qu'existante, n'agit pourtant pas sur les sens, et si la combinaison des phénomènes sensoriels en une idée dépend de notions abstraites préexistantes, ou d'une obligation qui n'a sa source que dans l'habitude. Cette dernière explication était celle qu'adoptait Hume. Suivant lui, les combinaisons des idées naissent de leur association fréquente, de sorte que l'association elle-même devient une nécessité subjective, comme l'association de cause et d'effet tient à l'habitude que nous avons de voir deux phénomènes se succéder l'un à l'autre. D'où il suit que, ne pouvant pas sortir de la combinaison habituelle de nos idées, nous n'avons non plus, d'après Hume, aucune connaissance objective.

Kant s'éleva contre cette doctrine, parce que la réalité d'une science *a priori* les mathématiques pures, démontre l'existence des idées *a priori*. Les idées générales, ou catégories, admises par lui, étaient au nombre de quatre, savoir : celle de *quantité* (unité, pluralité, totalité), de *qualité* (réalité, négation, limitation)

le *relation* (essence et accident, causalité, réciprocité d'action), et de *modalité* (possibilité, existence, nécessité). De même que ces notions sont des formes contenues dans l'intelligence pensante, de même, suivant lui, les idées de temps et d'espace sont les formes primitives d'intuition de la sensibilité. Il admettait donc que nous n'avons aucune connaissance des choses en elles-mêmes, tout ce que nous pouvons savoir n'étant qu'une application de ces principes à l'observation, et l'appréciation de ce qui s'accorde avec les catégories.

On ne peut pas douter le moins du monde qu'il n'y ait des idées innées ; c'est même là un fait établi. Toutes les idées des animaux auxquels l'instinct sert de guide sont innées et immédiates ; elles flottent devant l'esprit comme des songes, et le désir d'atteindre le but les accompagne. Le poulain qui vient de naître a de ces idées inuées, qui le poussent à suivre sa mère et à chercher les mamelles. Ne se passe-t-il pas quelque chose de semblable chez l'homme quant à ses idées générales ?

Je crois qu'on ne peut résoudre ce problème, par rapport à la pensée humaine, ni en faveur de Hume, ni en faveur de Kant. L'habitude d'associer deux choses en idée entraîne seulement la nécessité que, quand une des choses s'offre à l'esprit, l'autre s'y présente aussi, ou que, quand se répète un événement qui a produit autrefois en nous une sensation agréable ou désagréable, nous regardions comme certain le retour de cette sensation. C'est ainsi que le chien lie nécessairement l'idée des coups à celle du bâton ; mais il lui est impossible d'arriver à se représenter cette liaison, non plus que beaucoup d'autres analogues, sous la forme de l'idée abstraite d'une relation de cause à effet. Les animaux ne forment point d'idées générales. On n'en doit point chercher la cause dans la clarté et l'obscurité des impressions, car il n'y a pas certainement de différence, à cet égard, entre les animaux et l'homme. Mon opinion est donc que l'homme n'arriverait jamais à l'idée abstraite de la causalité, ni par la seule expérience qu'il acquiert au moyen des sens, ni par l'influence de l'habitude, si son entendement n'avait pas un certain pouvoir d'abstraction, c'est-à-dire la faculté de faire une chose purement intellectuelle avec ce qu'il y a de commun dans un grand nombre d'enchaînements successifs de deux choses, dont l'une appelle l'autre.

D'un autre côté, je ne regarde pas comme constituant le contenu primitif de l'entendement les notions intellectuelles de Kant, ou les catégories d'Aristote, qui me semblent être un produit de l'expérience et de la faculté d'abstraction. Le pouvoir en vertu duquel les diverses catégories naissent en nous par le fait de l'expérience est originairement la faculté d'extraire ce qu'il y a de général dans plusieurs spécialités ou dans plusieurs faits empiriques, de se le représenter comme une chose intellectuelle, c'est-à-dire de s'en faire une idée, λόγος. Quand cette faculté existe, la connexion que j'établis entre la nécessité dont l'expérience m'a convaincu qu'une influence extérieure détermine en moi-même un changement, et d'autres cas dans lesquels la même relation s'est reproduite, se présente à moi comme une idée de *causalité*, c'est-à-dire comme nécessité du changement d'un objet par un autre. De cette manière, toutes les idées naissent du pouvoir que nous avons de généraliser les faits particuliers qui nous sont enseignés directement par les sens.

Un objet cesse de paraître à nos yeux tel qu'il avait été jusque-là, et l'expé-

rience nous apprend qu'il en est de même pour beaucoup d'autres. L'animal en reste à ces sensations isolées. Mais, chez nous, elles font naître l'idée de *changement*, idée qui ne contient que ce en quoi s'accordent ensemble les phénomènes *a*, *b*, *c*, *d*, devenus autres, et à laquelle manque tout ce qui n'est propre qu'à l'un de ces phénomènes *a*, *b*, *c*, *d*. Si le changement est accompagné de déplacement, il suit de là pour moi l'idée de *mouvement*. Quand des phénomènes changent, les divers actes n'ont de commun ensemble que de se suivre les uns les autres, et, lorsque j'ai conçu qu'il en arrive autant à plusieurs phénomènes, j'ai acquis l'idée de *succession*.

Au reste, la faculté de former des idées générales n'est point un pouvoir spécial que l'âme exerce sur les simples perceptions, c'est la réaction mutuelle des perceptions affines. L'intellect humain a un degré de développement tel que plusieurs perceptions peuvent exister ensemble et agir les unes avec les autres. S'il en coexiste plusieurs ayant de l'affinité entre elles, mais dans lesquelles tel point soit différent, et tel autre similaire, les différences s'obscurcissent dans la masse des perceptions, et il ne reste que ce que celles-ci ont de similaire ou de commun (1). De là naissent les idées générales. Plus l'application dont ces idées sont susceptibles est générale, plus elles deviennent obligatoires pour l'esprit. L'idée de causalité n'a ce caractère à un si haut degré que parce qu'il est conforme à tout ce qui se passe soit dans l'esprit, soit dans la nature. Si l'idée de la pesanteur, qu'on a déduite aussi de l'expérience, était d'une application aussi générale que celle de causalité, elle paraîtrait tout aussi obligatoire pour l'esprit que le sont les notions dites générales.

Les idées les plus générales qui se forment ainsi sont celles de changement, essence, infini, fini, forme, grandeur, qualité, espace, temps, mouvement, force, matière, objet, sujet, moi, causalité, existence, néant. Parmi ces idées il y a encore cette différence que quelques unes peuvent être déduites de toutes les choses, tant intellectuelles qu'immatérielles. Ce sont en quelque sorte les principales de toutes celles qu'on appelle aussi idées intellectuelles ou catégories. D'autres ont été tirées soit des phénomènes physiques, soit du monde intellectuel; telles sont celles de matière, force, mouvement, objet, sujet, moi, etc.

Ici nous avons à nous demander jusqu'à quel point la pensée correspond à ses objets, et s'il lui est impossible d'arriver à une connaissance absolue des choses. Le grand développement que la philosophie a pris par les spéculations de penseurs tels que Bruno, Spinosa, Schelling, Hegel, a fait soutenir que nous pouvons nous élever à une connaissance absolue, et que la pensée pure, en s'analysant elle-même, produit des idées qui correspondent parfaitement aux choses de la nature. Il faut chercher la source de cette proposition dans le passage précédemment cité de Bruno, où il est dit qu'entre l'intelligence créatrice universelle et la production des choses naturelles il existe le même rapport qu'entre notre intellect et nos conceptions de genres et d'espèces. L'esprit humain peut sans doute exercer dans certaines limites ses modifications sur les choses, et quiconque a le talent spéculatif de saisir ce qu'il y a d'essentiel dans le variable et dans l'accidentel, ou de trouver des lois et des faits d'où l'on ait la possibilité de déduire un grand

(1) Herbart, *Lehrbuch der Psychologie*, p. 153.

de phénomènes, est celui qui les connaît le mieux; mais ce n'est pas là ce
ut appeler une connaissance absolue des choses. On n'est point encore
, en prenant pour point de départ l'idée de l'existence absolue, même en
de l'expérience, dans le sens que Hegel attache à ce mot, à se procurer
naissance absolue de la lumière, de l'électricité, de la vie; il faudrait pour
onnaissance d'un infini absolu autre que celui sur lequel la philosophie est
le baser ses spéculations. L'analyse de l'idée philosophique en elle-même
donc être, même entre les mains des plus grands penseurs, qu'un essai
moins heureux du talent spéculatif suivant une méthode qui ne conduit
s preuves rigoureuses.

possible d'arriver à un savoir complet par rapport aux choses dont les
és ont entre elles une connexion si simple et une dépendance tellement ré-
e, que cette définition suffit pour faire trouver toutes les propriétés in-
, et qui d'ailleurs ne renferment rien de plus. Tel est le cas des relations
grandeur et de configuration. Quand on nomme, un triangle, un cercle,
, etc., on en indique par cela seul toutes les propriétés. Les mathématiques
nt donc une science absolue. Elles ont pour point de départ des axiomes que
t admet sans contestation : $a=a$, c'est-à-dire toute quantité est égale à elle-
et autres semblables. Mais il y a dans la nature beaucoup de choses dont
ourrait donner une définition, une idée telle, que toutes leurs propriétés
susceptibles d'être déduites de là, et qui ne renferment également rien de
la vérité, on peut découvrir en elles des propriétés d'où l'on parvient à en
beaucoup d'autres; mais, malgré tout ce que les sens nous font apercevoir
objets naturels, malgré tout ce que nous y découvrons à l'aide de la faculté
désignée sous le nom de λόγος, ils n'en renferment pas moins beaucoup
s qui nous demeurent inconnues. Ici donc nous ne saurions parvenir à une
ance absolue de l'essence de la chose, et le savoir auquel nous arrivons
solu qu'en ce sens que d'un principe fondamental (soit thèse, soit direction
périence) découlent nécessairement certaines conclusions, ce qui toutefois
id de la lumière que sur une certaine série de phénomènes ou de relations.
les sciences, lorsqu'elles ont atteint un certain degré de perfection, peu-
e soumises à cette méthode mathématique. La philosophie a été traitée
r Spinosa. Dans les sciences naturelles, le but de nos efforts doit être de
ir des faits d'où l'on en puisse déduire beaucoup d'autres, comme d'un
fondamental. Là où les progrès sont le plus sensibles, là aussi s'applique
u'ailleurs la méthode mathématique. De la loi de la gravitation on peut
les lois de la mécanique des corps célestes ; mais l'essence de la gravitation
atière nous demeure inconnue. Sur la loi de l'inertie, celle qu'un corps en
ent continue de se mouvoir jusqu'à ce qu'il rencontre un obstacle, repose
ce de la phoronomie; mais cette loi n'est qu'un axiome déduit de l'expé-
car tout ce qu'il serait permis de dire *a priori*, c'est qu'un corps se meut
ngtemps qu'il se meut, $a=a$. L'étude qu'Ampère a faite de l'action réci-
des courants électriques a conduit à la découverte de lois d'où les phéno-
électro-magnétiques peuvent être dérivés avec autant d'évidence que les
géométriques le sont de leurs axiomes : telle est la loi fondamentale que
ourants électriques s'attirent quand ils marchent dans la même direction,

et se repoussent lorsqu'ils marchent en sens opposé ; mais la nature de l'électricité n'en reste pas moins cachée. La mécanique des nerfs repose en grande partie sur le fait expérimental que les fibres nerveuses demeurent séparées les unes des autres dans tout leur trajet. La physique du développement et de la vie des cellules dans les corps organisés deviendra la base d'une théorie des phénomènes les plus compliqués de la plasticité, tant végétale qu'animale. Les phénomènes de l'âme peuvent être soumis à l'observation, comme tous les phénomènes physiques, et la psychologie a, de toute façon, une ressemblance absolue avec les sciences naturelles : on y peut observer des faits qui permettent de voir les phénomènes ; mais l'essence de l'âme demeure toujours soustraite à nos investigations.

On peut juger d'après ce qui précède quelle est la méthode qui doit être la plus fructueuse dans les sciences naturelles. Les plus importantes vérités dont ces sciences s'enorgueillissent n'ont été trouvées ni par l'analyse d'idées philosophiques, ni par la simple observation, mais par le concours du raisonnement et de l'observation, qui a permis de distinguer ce qu'il y avait d'essentiel et d'accidentel dans les faits, et d'arriver ainsi à des principes d'où l'on déduit beaucoup de phénomènes. C'est là plus que l'observation empirique ; c'est, si l'on veut, l'observation philosophique.

Il y a des idées abstraites dans toutes les sciences ; ces idées sont l'expression de vérités générales, auxquelles les sens ne peuvent point atteindre, et que l'entendement déduit par voie d'abstraction. Nous n'obtenons ces idées générales qu'en analysant les faits observés. Les sciences naturelles analysent les phénomènes pour s'élever à des notions générales, et comprendre les relations qui existent entre les idées simples des choses. La philosophie a pour domaine proprement dit les idées abstraites et leurs rapports les unes avec les autres, de sorte qu'elle tire ses matériaux de toutes les autres sciences, et qu'elle les unit toutes ensemble par un lien commun. Malgré son affinité avec la méthode philosophique applicable à l'étude de chaque science particulière, elle n'en constitue pas moins une science à part, puisqu'elle s'occupe des idées générales qui servent de base, non pas à telle ou telle science, mais à plusieurs sciences simultanément, comme l'existence, l'essence, le hasard, le changement, la cause, la quantité, la qualité, l'espace, le temps, la matière, l'esprit, etc. Certaines notions générales, telles que celles de force, de matière, de mouvement, de pesanteur, appartiennent plus spécialement à certaines sciences ; mais, en tant qu'une science renferme des idées abstraites d'où l'on peut déduire des phénomènes, elle mérite l'épithète de philosophique.

Ame de l'homme et âme des animaux.

Les phénomènes intellectuels s'accordent en plusieurs points et diffèrent en d'autres chez l'animal et chez l'homme. Tous deux se forment des idées avec les impressions qui frappent leurs sens, conservent ces idées et les reproduisent ; chez tous deux, il y a association ou attraction des idées suivant certaines règles. Mais l'homme seul parvient à former de plusieurs phénomènes isolés une chose purement intellectuelle, qui ne ressemble à aucun de ces phénomènes, et renferme ce qu'ils ont de commun ensemble : l'homme seul a le pouvoir de créer des idées générales. Dès que ce qu'il y a de commun dans les phénomènes est plus que l'en-

semble des caractères les plus fréquents et les moins variables d'une chose capable de tomber sous les sens, l'animal ne peut plus le saisir. On exprimerait donc d'un seul mot la différence entre l'âme de l'homme et celle des animaux, en disant que le λόγος manque à ceux-ci. C'est de la possession du λόγος que dépendent la puissance créatrice tout entière de l'homme et la faculté de se former un langage. L'âme des animaux ne va pas au delà de concevoir des idées simples après des impressions faites sur les sens, d'associer ces idées ensemble, et de manifester des désirs à leur occasion.

L'association des idées produites par des impressions faites sur les sens s'accomplit, chez les animaux et chez les hommes, d'après la loi de la ressemblance, de la simultanéité, de la succession. Mais l'homme associe aussi des notions abstraites à des idées simples, passant ainsi du général au particulier, pour revenir de celui-ci à une autre idée générale à laquelle il se rapporte également.

Les animaux parviennent sans peine à unir deux choses l'une avec l'autre; mais, quoi qu'on ait pu dire de leur intelligence, ils sont absolument incapables de former une idée générale. Il va sans dire que je laisse de côté tous les phénomènes de l'instinct. Un chien contracte peu à peu l'habitude de s'apercevoir que des chapeaux et des bonnets de formes diverses peuvent être portés sur la tête; mais jamais il n'en déduira l'idée de coiffure. A la vérité, suivant la juste remarque d'Herbart, il se passe, même dans les idées les plus simples d'objets agissant sur les sens, quelque chose d'analogue à ce qui arrive quand nous formons une idée générale; car ce qui reste dans l'âme n'est pas le reflet exact de tous les détails de l'objet, mais seulement une image confuse des caractères les plus constants de cet objet. En ce sens, les animaux aussi ont des idées générales. Un chien reconnaît son maître, qu'il ait la tête nue ou couverte d'une coiffure quelconque, et qu'il porte ou non des vêtements : il reconnaît le même objet, malgré les différences qu'il peut offrir, parce que les traits principaux n'éprouveront aucune altération au milieu de toutes ces nuances; un bâton, quelles qu'en soient les formes et l'apparence, sera toujours pour lui un bâton, à l'idée duquel celle de coups s'associera dans son esprit; mais les idées générales de similitude, d'essence, de permanence, d'accidence, de différence, de variabilité, lui sont inaccessibles. En effet, ces idées générales dépendent de l'action qu'exercent les unes sur les autres certains groupes d'idées simples, tels que A, a, *a*, **a**; B, b, *b*, **b**; C, c, *c*, **c**, dans lesquels les différences se font équilibre jusqu'au point que, finissant par s'effacer complétement, il ne reste plus de chaque groupe que les traits qui sont communs à toutes les branches.

Les phénomènes intellectuels complexes des animaux peuvent être parfaitement adéquates, c'est-à-dire s'adapter très bien aux objets désirés, sans qu'il y ait là rien qui ressemble à des notions générales, rien autre chose que des associations d'impressions reçues par les sens. Le chat qui trouve la porte du logis fermée se couche auprès jusqu'à ce qu'on la lui ouvre, et fait entendre le miaulement plaintif que l'instinct le porte à pousser; la porte lui a déjà été ouverte plusieurs fois dans les mêmes circonstances, et il associe dans son esprit la série des actes qui ont déjà eu lieu, jusqu'à ce que ce qui est exigé par l'association de ces idées simples s'accomplisse réellement. Un homme montrait un singe accroché à un long bâton, et, au moyen d'une corde, il tirait l'animal quand il voulait le faire descendre; mais

si le singe n'était pas disposé à obéir, il saisissait la corde dès qu'il voyait son maître disposé à en faire usage. C'était là le résultat d'associations antérieures d'idées, comme quand un animal s'enfuit au lever du bâton dont il a été frappé, ou comme quand un chien se montre tout confus lorsqu'il est surpris faisant une chose qui lui a déjà valu des corrections.

Les associations qu'exécute l'homme ne consistent pas seulement en des combinaisons d'idées simples qui se rapprochent suivant leur ressemblance, leur simultanéité ou leur succession; à ces idées simples se joignent toujours des notions générales. De l'idée du bleu, l'esprit passe à celle de la peinture, puis successivement à celle de Raphaël, de la beauté, de tel ou tel objet beau, et ainsi de suite du général au particulier, et de celui-ci à d'autres notions générales, puis à d'autres idées particulières: ces transitions ont lieu à notre insu ou d'une manière obscure dans l'association ordinaire; mais, quand nous pensons, nous comparons avec conscience le général au particulier, et nous les faisons servir tous deux à leur mutuelle élucidation.

Les désirs et les passions existent, et avec la même intensité, chez l'homme et les animaux. Mais les passions des animaux ne se rapportent point à des idées générales; elles n'ont pour objet que ce qui agit sur les sens. L'attachement et la fidélité de ces animaux dépendent de l'association entre des impressions de plaisir et l'image d'une personne déterminée. Les hommes et les animaux cherchent ce qui leur est agréable, et fuient ce qui leur est désagréable; mais l'homme seul est affecté agréablement ou désagréablement par des idées générales et des pensées.

On peut conclure de ce qui précède que l'âme de l'homme et celle des animaux diffèrent, non pas seulement par l'obscurité et la lucidité des conceptions, mais par la simplicité et la complexité de ces mêmes conceptions, et par l'action qu'elles exercent réciproquement les unes sur les autres. La conception la plus simple, celle dans laquelle il ne se produit pas la moindre notion générale, peut être fort claire. Mais la formation des idées générales consiste si peu en une conception plus nette des idées simples, qu'au contraire elle suppose que tous les traits dissemblables d'une masse d'idées simples s'obscurcissent mutuellement, jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une abstraction, une idée générale. S'élever à des notions générales, penser, est un acte plus complexe; voilà pourquoi, pendant le sommeil, et sous l'influence de la fièvre, quand l'affection du cerveau rabaisse la faculté de concevoir à son plus bas degré, on peut très bien associer des idées à la manière des animaux, mais on est incapable de penser.

SECTION II.

DES PHÉNOMÈNES INTELLECTUELS.

L'action de l'âme consiste à concevoir des idées et donner des impulsions; elle ne produit rien autre chose. Mais ces phénomènes diffèrent, soit en eux-mêmes, car ils sont tantôt simples et tantôt complexes, soit en raison de leur mode d'union

les uns avec les autres, de leur influence les uns sur les autres, et de leur connexion avec les actions du corps. La conception, les relations des idées et leurs effets les unes sur les autres portent le nom d'*entendement :* on appelle *passions* les impulsions et leurs rapports tant entre elles qu'avec les idées (1).

CHAPITRE PREMIER.

De la conception.

L'idée est ce que l'âme a la conscience d'éprouver après des impressions faites sur les sens, ou par les actions de notre propre corps. Elle persiste plus ou moins longtemps après avoir été excitée, et elle correspond soit aux impressions elles-mêmes qui ont été faites sur les sens, soit à ce qu'il y a de général dans plusieurs de ces impressions. On peut la regarder comme un mode déterminé de réaction de l'âme sous l'influence d'une impression également déterminée, c'est-à-dire comme une énergie, dans le sens que les physiologistes attachent à ce mot. Nous n'avons d'idée de rien autre chose que des impressions faites sur nos sens, des états de notre corps, des notions générales que nous déduisons de là, et des rapports qu'ont entre elles les idées simples et les idées générales. L'idée d'une tache bleue, de tel ou tel son, de telle ou telle matière, de tel ou tel tableau, de tel ou tel espace, sont des idées simples. On peut citer comme exemples d'idées générales celles de couleur, de son, de saveur, d'odeur, de vertu, de force, etc. Les idées sont donc simples ou générales suivant qu'elles reconnaissent pour source les organes des sens et l'entendement. Mais il y a des idées composées des unes et des autres : je puis, par exemple, me représenter un homme dans une certaine disposition d'esprit.

Idées simples.

Quelle relation y a-t-il entre l'idée et la sensation, entre avoir l'idée du bleu et voir du bleu, entre avoir l'idée d'une mélodie et l'entendre? On sait qu'après toutes les impressions faites sur nos sens il reste une sensation consécutive qui souvent dure bien plus longtemps que la cause par laquelle elle a été déterminée. L'idée qui provient de la sensation, et que nous pouvons ensuite rappeler par le moyen de la mémoire, est-elle un reste de cette sensation, devenue seulement plus pâle et plus faible, de manière qu'entre l'idée et la sensation du bleu, il n'y aurait qu'une simple différence d'intensité? Mais nous pouvons très bien distinguer l'idée vive d'une couleur des dernières traces d'une sensation réelle; nous pouvons, en voyant une tache jaune, nous faire l'idée d'une tache bleue. Il paraît, d'après cela, qu'il y a une différence absolue entre concevoir une idée et sentir une qualité qui agit sur nos sens; sentir exige l'énergie d'un organe sensoriel, qui n'est

(1) J.-C. Collineau, *Analyse physiologique de l'entendement humain, d'après l'ordre dans lequel se développent et s'opèrent les mouvements sensitifs, intellectuels, affectifs et moraux.* Paris, 1843.

pas nécessaire pour se former des idées. Le rapport de la conception à la sensation est donc celui d'un signe à une chose, mais d'un signe qui n'appartient qu'à une chose déterminée, et dont l'espèce dépend par conséquent de la sensation.

A l'appui de cette manière de voir on peut alléguer surtout la possibilité de concevoir des idées qui ne sauraient être, dans aucun cas, des sensations affaiblies, puisqu'elles ne renferment que ce qu'il y a de général dans plusieurs sensations, comme l'idée de couleur ou celle de sensation. Et qu'on n'objecte pas qu'il n'existe point d'idées simples de ce genre, que l'esprit se représente toujours quelque chose de déterminé, de spécial ; car, dans nos jugements, dans notre pensée, nous savons distinguer l'idée de la couleur en général de l'idée d'une couleur déterminée, distinction sans laquelle il n'y aurait pas moyen de comparer les idées générales avec leur contenu.

L'idée d'un objet sensible diffère donc de la sensation au point de vue de la qualité : c'est un fait de conscience, tandis que la sensation est à la fois sentie par l'énergie du sens et perçue par la conscience ; la première est un signe de la seconde. On ne se trompe certainement pas en disant que des idées peuvent produire des images dans les organes des sens, mais c'est là un phénomène complexe. L'idée est en quelque sorte à la sensation ce qu'un mot est à une chose, ou une mélodie écrite à la mélodie elle-même.

De ce que, quand un objet agit une nouvelle fois sur nos sens, nous le reconnaissons au moyen de l'idée qui nous est restée, il s'ensuit, non pas qu'il y a similitude ou analogie entre l'idée et la sensation de cet objet, mais que chaque sensation provoque une idée déterminée, et que la sensation reproduit toujours la même idée. Si donc ce n'est pas la sensation, mais l'idée, que nous conservons, l'idée reparaîtra de la même manière que la première fois quand la sensation se renouvellera, et la ressemblance complète qu'il y aura entre elle et celle qu'avait produite la première sensation nous obligera d'admettre identité entre les idées. C'est ainsi que les caractères de l'écriture rappellent en nous des idées sans qu'ils aient de ressemblance réelle avec le contenu de ces mêmes idées.

Il n'est pas nécessaire que l'idée d'objets qui ont de l'étendue en ait également. Au contraire, l'idée peut avoir la même relation avec l'objet qui frappe les sens, que l'expression d'une figure dans une équation algébrique avec la figure elle-même, ou que les infinitésimales avec les intégrales dans le calcul différentiel. Quoique nous ignorions si les objets visibles sont perçus dans le nerf optique ou dans le cerveau, on peut admettre que les images d'objets sensibles se forment toujours aussi dans les organes qui reçoivent les impressions, et qu'en conséquence elles ont, comme celles-ci, de l'étendue. Cette hypothèse a été proposée et développée par Henle (1), qui s'est principalement fondé sur les images que notre mémoire conserve après qu'on s'est longtemps occupé d'un objet sensible, et qui, fort différentes des sensations consécutives, semblent, longtemps après la sensation, se dresser tout à coup devant les yeux, avec la netteté de celles que produirait un objet dont notre vue serait actuellement frappée. L'anatomiste qui s'est occupé toute une journée de disséquer une même partie, dont l'image s'est pour ainsi dire gravée dans son œil, voit quelquefois, après plusieurs jours de repos ou de travaux

(1) *Sur la mémoire des sens*, dans *Wochenschrift fuer die gesammte Heilkunde*, 1838, p. 18.

d'une autre nature, cette image reparaît tout à coup, et parfaitement dessinée, quoique privée de lumière et de couleur. Nous reviendrons plus loin sur ce phénomène, lorsqu'il sera question des hallucinations. Il semble que la différence entre la sensation d'impressions faites sur les sens, et l'idée pure, qui n'a point l'énergie qualitative de la sensation, consiste en ce que, dans une sensation dont nous avons la conscience, certains états particuliers des nerfs, par exemple des particules de la rétine, produisent simultanément des impressions sur l'âme, et impriment ainsi à l'idée une modification qui n'a pas lieu dans le cas de conception pure et simple.

Si l'idée d'un objet sensible se trouve souvent associée à celle d'un signe, quelque extraordinaire que celui-ci puisse être, il s'établit entre elle et lui une relation mutuelle sur laquelle je reviendrai en traitant des lois de l'association, et qui fait que désormais le signe et l'idée s'appelleront toujours l'un l'autre. C'est à cela que nous devons de pouvoir nous entendre par la parole et l'écriture : ici des séries de signes rappellent des séries entières d'idées d'objets sensibles.

Idées générales.

On appelle idées générales ou abstraites celles qui représentent ce qu'il y a de général dans plusieurs idées simples, ou qui embrassent plusieurs de ces dernières. Les plus simples se rapprochent encore tellement des individualités, qu'on ne peut les exprimer que par les sensations elles-mêmes, comme le bleu, le rouge, idées abstraites déduites d'un grand nombre de rouges et de bleus, comme aussi l'idée de la couleur, qu'on ne peut définir que ce qu'il y a de commun dans plusieurs sensations diverses. Les idées générales se lient également à des signes, qui servent à les rappeler. Il arrive souvent que les idées attachées par le vulgaire aux signes qui les représentent ne correspondent pas parfaitement à leur véritable signification. De là vient que beaucoup d'hommes pensent, non pas avec des idées, mais avec des mots, et qu'il y a des langues dans lesquelles on éprouve beaucoup de difficultés à exprimer clairement certaines notions abstraites dont cependant on a une conception nette et précise.

Conception, association des idées.

Toute idée qui se produit dans l'âme ne conserve sa vivacité que pendant un court espace de temps; elle ne tarde pas à être supplantée par d'autres, qui la surpassent en intensité, et qui, à leur tour, éprouvent le même sort. Quand une idée a été effacée de cette manière, nous n'en avons plus la conscience, et en général nous ne pouvons avoir la conscience que d'une seule idée à la fois, ou tout au plus de plusieurs idées qui sont liées les unes avec les autres. Quelque chose de semblable a lieu pour les sensations; lorsque plusieurs sens ressentent simultanément des impressions, nous ne sommes souvent informés que de celles sur lesquelles l'âme fixe son attention, et il arrive même parfois que toutes passent inaperçues, quand l'âme est occupée d'une idée étrangère aux impressions qui peuvent agir sur les sens.

Mais les idées qui se sont offertes une fois à l'âme ne sont pas perdues pour elles;

il est des circonstances dans lesquelles elles reparaissent avec leur vivacité première, et se représentent à l'esprit.

On se demande si la conscience à laquelle arrivent les idées diffère de celles-ci elles-mêmes, si les idées sont en quelque sorte illuminées par elle et retombent dans l'obscurité quand elles sortent de son domaine, ou s'il n'y a qu'une différence d'intensité entre l'idée qui arrive à la conscience et celle qui n'y parvient pas. Il est difficile de concevoir une conscience isolée de toute idée, et la conscience de soi-même n'est que la conscience d'une idée. Il paraît suffire à l'explication des phénomènes d'admettre que la conscience est l'idée la plus vive, c'est-à-dire l'idée réelle. On simplifie de cette manière l'acte de la conception, et l'on n'a plus besoin que de chercher les lois d'après lesquelles les idées deviennent vives ou réelles, ou portées à la conscience, et sortent du chaos des idées possibles, tandis que, dans l'hypothèse d'une conscience distincte des idées, il reste toujours derrière celle-ci quelque chose qui manque d'explication (1). Les idées qui n'arrivent pas à la conscience, qui ne sont que possibles, qui n'ont pas de réalité effective, peuvent donc être considérées comme des idées en repos, qui se détruisent les unes les autres, qui se font équilibre, et les idées réelles, ou celles dont on a la conscience, comme des idées qui agissent librement, qui s'offrent à l'esprit.

Une idée qui succède à une autre idée réelle, pour devenir elle-même réelle, doit ressembler à celle qui la précède, ou, si elle n'y ressemble pas, avoir au moins de l'affinité avec elle, en ce sens qu'elle s'est déjà offerte une fois à sa suite, et qu'elle s'est déjà présentée combinée avec elle pour produire une idée de plus grande étendue. Ce qui se ressemble s'attire, et attire aussi ce qui a de l'analogie avec soi (2). On emploie une expression juste et en même temps figurée lorsqu'on dit que le mouvement qui accompagne la conception d'une idée se propage à toutes les idées qui sont liées ensemble par des rapports de ressemblance, de succession ou de simultanéité, ou, plus simplement, à toutes celles qui étaient associées dans la pensée antérieure.

L'état actif d'une idée dont nous avons la conscience consiste en ce qu'elle passe d'un minimum à un maximum d'intensité ou de lucidité, et décroît ensuite. Pendant que ce phénomène a lieu, l'idée réelle agit par affinité élective sur la masse de l'intelligence latente, rompt en quelque sorte l'équilibre, et oblige les idées affines à entrer en jeu avec elle, ou leur communique le mouvement. L'idée dominante ou primaire ne persiste pas; elle est refoulée par une nouvelle impression faite sur les sens et par la nouvelle idée à laquelle cette impression donne naissance. Si cette dernière n'a point d'affinité avec elle, si elle a plus d'activité, caractère qui appartient effectivement à toute idée produite par une impression sur les sens, la première idée s'efface de l'esprit à proportion que la nouvelle l'affecte davantage. Mais, même dans le cas où il ne survient pas de nouvelles impressions sur les organes des sens, l'esprit ne peut non plus rester longtemps occupé de la même idée. Comme, en sa qualité d'idée active, celle-ci attire celles qui ont de l'affinité avec elle, il ne tarde pas à se former une série d'idées qui exercent de l'attraction l'une sur l'autre. De l'idée d'un arbre je me trouve bientôt conduit à

(1) Herbart, *Lehrbuch der Psychologie*, p. 12. — Stiedenroth, *Psychologie*, p. 50.
(2) Hegel, *Encyclopædie*, p. 422. — Beneke, *Psychologie*, p. 32. 72.

celle d'une forêt; mais l'idée de forêt exerce une influence attractive sur celles qui ont de l'affinité avec elle, et j'arrive à l'idée du bois, qui, par l'effet de la même attraction, me conduit à celle d'un édifice, d'un temple de marbre, d'une statue. Tous les anneaux de cette chaîne tiennent bien les uns aux autres par affinité réciproque, mais il n'y a pas de relation entre le dernier et le premier; l'idée d'une statue de marbre n'a aucune affinité avec celle d'un arbre. Toujours cependant chaque nouvelle idée devient un nouveau centre d'attraction, tandis que les précédentes passent au repos. Pour qu'une idée dure longtemps, il faut que sa force attractive s'exerce sur des idées qui conservent toutes de l'affinité avec elle, comme par exemple lorsqu'on passe du tout à une partie, de celle-ci à une autre partie, puis aux relations existantes entre les parties, et que de temps en temps on revient au tout. Deux idées similaires se fortifient l'une l'autre, deux idées hétérogènes s'affaiblissent mutuellement : une idée triste acquiert plus d'intensité par l'adjonction d'une autre idée triste, tandis qu'une idée joyeuse et une idée triste se neutralisent réciproquement, à moins toutefois que l'une d'elles ne s'accroisse en attirant celles qui lui sont affines, auquel cas l'autre est réduite au repos.

Il est évident, d'après ce qui précède, que l'attraction des idées n'explique pas tout à beaucoup près, et que nous ne saurions concevoir pourquoi l'idée nouvelle en attirée acquiert de la vivacité, tandis que la première, celle qui a exercé l'attraction, s'obscurcit. S'il ne s'agissait ici que d'attraction, il se produirait des agrégations d'idées, et ce ne serait pas l'idée la plus nouvelle, mais la somme des idées similaires déjà existantes, qui exercerait cette attraction. Lorsque, dans le silence et l'obscurité, à l'abri de tout ce qui pourrait impressionner les sens, on cherche à se faire une idée quelconque, et à la conserver longtemps, on s'aperçoit que la chose est absolument impossible. Quelque ferme que soit notre intention à cet égard, l'idée d'oiseau fera rapidement place à une autre affine, par exemple à celle de Pégase, puis peut-être à celle d'Homère, d'Achille, de tendon d'Achille, de myologie, d'Albinus, etc. Il paraît donc y avoir, indépendamment de l'attraction d'idées affines, autre chose qui assigne un terme à chaque idée, de même que, dans le mouvement ondulatoire, le corps qui donne l'impulsion arrive au repos avant même que tous les autres corps auxquels cette impulsion se transmet successivement l'aient reçue. Sans une cause de ce genre, il n'y a pas moyen de concevoir comment une idée, une fois mise en jeu, pourrait revenir au repos. Dans le mouvement ondulatoire, c'est la tendance à l'équilibre qui rend raison du phénomène; mais, dans le mouvement des idées, il ne faut pas songer à un obstacle mécanique. Cependant il paraît que, même ici, la tendance à l'équilibre des idées qui existent à l'état latent dans l'esprit, dissipe le trouble causé par l'état de tension auquel une idée a été portée. La durée d'une idée dépend donc du temps nécessaire pour qu'elle rentre en équilibre. Pendant ce temps, le mouvement de l'idée qui se trouvait à l'état de tension, se propage à une autre, et celle-ci passe alors à l'état de tension. Au reste, la durée d'une idée dépend aussi de l'intensité de son mouvement, de la rapidité avec laquelle il se propage dans son propre contenu, et de l'extension qu'il y prend.

La conception ou la formation des idées peut donc être comparée au mouvement ondulatoire : l'état de tension passe, comme une onde, aux idées qui se trouvaient jusqu'alors au repos, en équilibre, et ces idées, de même que les mo-

lécules d'une onde progressive, passent d'un minimum de mouvement à un maximum, puis reviennent du maximum au minimum. Il va sans dire, d'ailleurs, que ce n'est là qu'une image empruntée aux phénomènes physiques. L'état de tension qui se propage d'idée en idée représente l'onde; l'idée change comme les molécules qui entrent l'une après l'autre dans l'onde, et que celle-ci laisse derrière elle à mesure qu'elle exécute son mouvement de progression.

Les idées affines sont les seules auxquelles puisse passer successivement la conception ou l'état de tension. Celle-ci ne touche à aucune des idées hétérogènes ou indifférentes contenues dans la masse des idées latentes. L'idée qui succède n'a ni ressemblance ni dissemblance absolue avec celle qui précède; elle lui ressemble à certains égards, et en diffère à certains autres, comme feuille et arbre, genre et espèce, Achille et tendon d'Achille, mer et poisson. Ce qui suit et ce qui précède ont de l'affinité ensemble au point de vue soit du contenu, soit des parties; ou, s'ils sont tout à fait hétérogènes, du moins y a-t-il entre eux ce point de contact, que déjà auparavant ils se sont offerts ensemble, soit simultanément, soit successivement. On se représente aisément les objets voisins les uns des autres dans un paysage, ou les événements qui se sont succédé pendant le cours d'un voyage. Il n'y a pas même exclusion pour les contrastes; car les contrastes ne sont pas hétérogènes, et ils se rangent aussi sous la notion générale de l'affinité. Les idées de grandeur et de petitesse, qui s'associent aisément, sont des idées de relation, aussi bien que celles de clarté et d'obscurité; elles se rapprochent tellement l'une de l'autre, qu'on ne parvient souvent à les distinguer que quand on a réellement sous les yeux des objets grands et petits, éclairés et obscurs.

Comme chaque idée en a beaucoup d'autres qui ont de l'affinité avec elle, et qu'elle ne peut jamais être suivie que d'une de ces dernières, tout dépend de la disposition au mouvement qu'ont les idées affines et latentes. Les idées qui se sont offertes la veille, ou à plusieurs reprises, n'ont pas besoin d'autant d'affinité, pour se reproduire, que celles qui ne se sont présentées qu'à une époque éloignée ou rarement. Il résulte de là qu'on ne doit pas considérer les idées latentes, celles dont nous n'avons pas la conscience actuelle, comme se trouvant dans un état absolu d'équilibre. Elles ne constituent pas un fond latent d'où la conception tire les matériaux dont elle a besoin, et dans lequel les idées, une fois produites, rentrent bientôt par le fait de leur tendance à l'équilibre; malgré leur état latent, elles n'en sont pas moins toujours agitées de petits mouvements obscurs, et, quoiqu'elles ne viennent pas se présenter sur la scène de la conception réelle, elles ne demeurent point tout à fait indifférentes au mouvement qui a lieu, et acquièrent de la disposition à se mettre elles-mêmes dans l'état de tension, en proportion de l'affinité qui règne entre elles et les idées produites. Il nous arrive fréquemment de remarquer qu'une idée confuse accompagne d'autres idées bien nettes, et qu'elle tend à devenir évidente; nous nous souvenons vaguement d'une personne, d'une chose.

En partant de ce qui précède, on peut affirmer que toute idée est à l'état de mouvement, c'est-à-dire au moment de se dégager de l'équilibre général, qu'elle est apte à mettre une autre idée affine en mouvement, et qu'en déployant cette aptitude, elle-même perd son propre mouvement. Son passage au repos complet n'a lieu que peu à peu, longtemps après que le mouvement s'est transmis à d'autres

idées de la même série, comme le prouve la facilité avec laquelle on se souvient des idées qu'on a eues auparavant.

Il est douteux que le cours des idées subisse jamais des temps d'arrêt chez l'homme qui veille. Nous croyons parfois être dans un état de repos tel qu'aucune idée ne se présente à notre esprit : cependant il se peut que l'idée qui nous occupe alors soit celle que nous n'avons pas d'idées. Mais rien n'empêche d'admettre que, durant le sommeil, quand nos sens ne reçoivent aucune impression nouvelle, toutes nos idées soient pendant quelque temps dans un complet état de repos. Au reste, la rapidité avec laquelle les idées se succèdent varie non seulement chez des individus différents, mais encore chez un même individu, en raison des circonstances. Le travail du cabinet, la fièvre, l'irritation nerveuse, un certain degré de narcotisme, l'insomnie, accélèrent le cours des idées ; la nourriture, l'excès des boissons spiritueuses, l'inaction, le sommeil, le ralentissent sensiblement.

Le principe de l'association ne s'applique pas seulement au mode de conception dont jouissent aussi les animaux, c'est-à-dire aux idées provenant d'impressions faites sur les sens par des objets simultanés ou successifs. Les notions abstraites ont aussi des idées, et elles peuvent également s'associer avec des idées simples, même avec des idées d'objets particuliers. Un objet qui subit un changement peut donner lieu à l'association de la notion du changement, et la notion de changement à celle de la notion de mouvement, entre laquelle et la précédente il a le même rapport que d'espèce à genre. Un grand objet procure la notion de grandeur, une chose très grande celle de grandeur infinie ; un très petit objet celle de petitesse infinie ; ce qui reste après que plusieurs qualités ont changé donne l'idée essence, cette dernière celle de contingence, etc. Dans cette association des notions générales, la succession et la simultanéité ne jouent qu'un rôle secondaire. Le changement qu'éprouvent ici les idées consistent en une expansion et une contraction continuelle de la conception ; l'association passe du particulier au général, revient du général au particulier, se reporte ensuite sur une autre qualité générale, etc., comme dans la série suivante : narcisse, fleur, plante, être organisé, animal, éléphant, ivoire, art, tableau, pinceau, poils, corne, durillon, cicatrice, inflammation, etc.

Lorsqu'on lit, deux séries d'idées s'entrelacent ensemble, celle des signes et celles des choses qu'ils représentent ; les idées qui se correspondent dans les deux séries conservent toujours plus d'affinité entre elles qu'elles n'en ont pour d'autres. Quand on lit à haute voix, il y a encore une troisième série, comme lorsqu'on exécute un morceau de musique notée. Dans un mécanisme si compliqué que celui-là, où des idées de signes alternent continuellement avec des notions générales et des idées particulières, l'enchaînement des idées doit nécessairement présenter de grandes difficultés, et cela en proportion de la fréquence des interruptions que les idées des signes occasionnent dans la série des idées proprement dites : aussi n'est-il pas rare qu'en lisant nous nous surprenions à ne pas saisir la connexion des idées entre elles, bien que nous les associons parfaitement avec les signes.

L'oubli tient à ce que l'idée d'une chose se met en équilibre avec les autres, et la réminiscence à ce que cette idée sort de l'état d'équilibre pour passer à celui de mouvement. Les considérations précédentes prouvent que la mémoire n'est point une faculté spéciale de l'esprit. Aucune idée ne se perd, et toute opération de l'es-

prit en vertu de laquelle une idée latente passe à l'état actif est un état de réminiscence. A mesure qu'une personne perd la faculté d'associer vivement les idées, elle perd la mémoire. La mémoire varie donc aussi suivant l'aptitude diverse que les hommes ont à concevoir des idées simples et des idées générales. Les uns ont une grande mémoire pour les mots, les sentences, les discours, la succession et la coexistence des choses particulières, sans en avoir une bonne pour les notions générales et leurs combinaisons, sans posséder une grande puissance d'intellection qui tient à ce que leur esprit s'exerce de préférence sur des associations d'idées simples. D'autres, au contraire, s'occupent continuellement de généralités, ce qui détourne leur esprit des particularités successives ou simultanées, et les porte à abuser de l'abstraction : ceux-là sont moins aptes à la mémoire des idées simples, mais peuvent en avoir une excellente pour les relations des idées générales.

Nous pouvons donner une direction déterminée à l'association de nos idées, et par conséquent aussi diriger notre mémoire. Lorsque je me représente les événements d'un voyage, je peux en parcourir la série en sens inverse, depuis la fin jusqu'au commencement. Dans ce cas, l'association est soumise à une idée prédominante, celle de l'ordre renversé. A proprement parler, cette direction est nécessaire aussi ; car, l'idée principale, qui fait loi, étant donnée, le reste en découle de toute nécessité, et la même direction persiste jusqu'à ce que l'idée principale ait été ramenée à l'équilibre. De même je puis former la résolution de ne me représenter pendant quelque temps que des oppositions, blanc et noir, essence et accident, infini et fini, petit et gros, intérieur et extérieur, etc. Il nous arrive quelquefois de procéder ainsi pour nous souvenir d'une chose. Souvent nous ne réussissons pas, parce que l'idée que nous cherchons à rattacher à une idée allant, par exemple le mot correspondant à une notion générale, n'est point dans la direction de l'idée prise pour guide. Parfois aussi l'idée que nous cherchons se présente seulement d'une manière confuse, et nous remarquons qu'elle est sur le point de nous venir, mais qu'elle ne peut arriver jusqu'à parfaite évidence, parce qu'une partie du son ou du caractère d'écriture qui y correspond est encore tenue en équilibre par une idée contraire. Dans certains cas, nous réussissons mieux à nous souvenir, en parlant ou pensant, de choses hétérogènes et indifférentes, parce que, dans le nombre de ces choses, il finit par s'en trouver qui nous suggèrent l'idée après laquelle nous courons. De même, lorsqu'on prend la résolution de se souvenir d'une chose et de l'exécuter à un moment déterminé, et qu'on y parvient, les idées se trouvent placées sous la domination d'une idée directrice, et de temps en temps elles ramènent au thème, quoiqu'en faisant de longs détours.

La conception productive, ou l'imagination, diffère de la simple conception, de celle qui ne fait que reproduire, en ce qu'elle métamorphose librement les idées, sans demeurer astreinte aux limites prescrites à la mémoire. C'est le soir, dans l'obscurité, qu'on peut le mieux observer sur soi-même cette faculté productive de la conception : pendant la journée, la normalité des phénomènes sensoriels y met obstacle. Étant dans l'obscurité, qu'on se figure un visage : il ne conserve pas longtemps ses formes, il en change pour ainsi dire à chaque instant, parfois avec une étonnante rapidité, et les configurations qui résultent de là ne sont pas de celles dont l'âme a déjà pris connaissance par l'intermédiaire des sens, ce sont de nouvelles combinaisons qui excitent en nous la surprise. Les éléments de ces figures

tastiques sont bien empruntés à des idées que nous avons reçues par la voie de *périence*, mais les changements et les combinaisons que les éléments subissent *r donner* lieu à de nouveaux produits s'accomplissent avec une pleine et en- *liberté*. L'imagination trace toutes les lignes qui lui plaisent dans le champ *non* éclairé, et, comme les formes dépendent uniquement des lignes qui les ent, lesquelles lignes peuvent varier à l'infini, ce mode d'action doit souvent er lieu à des figures qui n'ont jamais eu d'existence réelle. Une imagination s vive se contentera de combiner ensemble les figures antérieurement obser- par exemple d'unir les ailes de l'oiseau avec des épaules du cheval, ou de re une queue de poisson au corps d'un quadrupède. Mais l'imagination qui d'une grande activité ne se borne pas à combiner ainsi les idées qui ont pré- mment pénétré dans l'esprit: elle veut encore les modifier, les étendre, les former. Quand Gœthe, les yeux fermés, se figurait une fleur, cette forme, si qu'il me l'a raconté lui-même, subissait les changements les plus remar- ables; il s'en développait de nouvelles fleurs ayant d'autres formes, et elle se tamorphosait ainsi en une infinité de figures, toutefois avec une certaine régu- rité et une certaine symétrie.

Pensée.

Le commencement de la pensée est la formation des idées générales, ou ce qu'on appelle l'abstraction. Il est bien plus facile à des idées de s'associer et de se placer que de réagir les unes sur les autres: par conséquent, abstraire offre plus de difficultés qu'imaginer. Lorsque deux ou plusieurs idées sont présentes à l'esprit, elles s'obscurcissent dans tout ce qu'elles ont de dissemblable, et il ne reste plus que ce en quoi elles se ressemblent, mais avec un accroissement d'in- tensité, parce que le similaire fortifie le similaire. De cette abstraction à raisonner, il y a qu'un pas: le raisonnement n'est que la conception à un plus haut degré. Les conceptions ne sont plus des idées simples alternant ensemble ou avec des no- tions générales, mais ce sont des idées de relation. La pensée est l'idée du rapport qui existe entre deux ou plusieurs idées. Le plus simple mode d'action de l'âme consiste à passer continuellement d'une idée à une autre: *a*, *b*, *c*, *d*, etc., se succèdent alors sans que la conscience soit informée de la relation qui existe entre elles. Dans la pensée, elle se représente le rapport de $a : b : c : d$, etc. Une série d'idées parmi lesquelles se trouvent comprises des notions générales, comme neige, lumière, bleu, optique, acoustique, onde, mer, profondeur, infini, ne constitue pas une pensée; car la copule de ces idées simples et générales, qui est la loi de l'abstraction du semblable par le semblable, ne se présente que vague- ment à l'âme, ou même n'est pas du tout aperçue par elle, et il n'arrive à la con- science que des idées copulées ou associées. On ne peut pas alors se représenter que le bleu *est* clair, que la mer *est* profonde. Mais toutes les fois qu'il y a juge- ment, la copule *est* arrive aussi à la conscience, et devient une idée. Il faut donc, pour un jugement, trois idées au moins, dont deux sont unies ensemble par la troisième, qui est l'idée de la copule.

La plus simple copule est l'idée de la similitude ou d'identité; on l'exprime par le mot *être*. Le contenu d'une idée ressemble en tout ou en partie à celui d'une autre. Dans les deux cas, la copule s'exprime par *est*.

Le premier cas est représenté par A = A. Une chose est semblable à elle-même, ou deux choses a et b se ressemblent tellement qu'on doit les regarder comme identiques, $a = b$, ou $a : b : : a : a$.

Dans le second cas, l'une des idées n'est qu'une partie de l'autre : par exemple, *l'outremer est bleu, les sons sont des vibrations; toutes les vibrations ne sont pas des sons.* Il ne conviendrait pas d'exprimer ces pensées par $a = a$: car cette phrase, *les sons sont des vibrations*, ressemble parfaitement à celle-ci, *4 renferme 1/4* ou $1/a$. Donc, en désignant les sons par a et les vibrations par b, la formule est ici $a = b + x$, c'est-à-dire, *les sons sont égaux à des vibrations, plus autre chose*, ou aussi $a = b + y$, ou $\frac{a}{y} = b$, ce qui exprime que le contenu d'une idée n'est qu'une partie de celui de l'autre.

Dans la plupart des pensées, la copule s'exprime par *est*, signe représentatif de l'idée d'une similitude totale ou partielle; mais toute autre idée générale de relation peut également en servir.

Les associations d'idées simples et d'idées générales par le moyen d'une idée générale portent le nom de *jugements*, comme dans les exemples précédents; mais, quand plusieurs jugements sont placés entre eux dans la même relation que les termes d'un jugement simple, soit par la connaissance de leur identité, soit par l'idée d'une ressemblance partielle entre eux, on a un *syllogisme*, représenté par la formule $x = a$, $y = x$, donc $y = a$.

Outre ces formes générales de pensées, il y a encore une multitude de notions générales qui entrent, comme idées accessoires, dans les jugements et les syllogismes, et qu'on exprime, dans le langage, par les particules : celles-ci servent à indiquer la modalité des jugements et des raisonnements, leurs connexions et leurs relations.

Conscience de soi-même.

En même temps que la conception des rapports qui existent entre les idées, il se forme aussi des idées du monde extérieur et du sujet ou *moi* en qui ont lieu ces conceptions. La cause en est dans nos appétits organiques pour des choses qui semblent nous compléter. Cette idée est rendue plus nette par l'expérience que nous acquérons de la différence entre notre corps sentant et le monde extérieur, qui est la cause de nos sensations et qui réagit contre nos actions. Les intuitions des parties de notre corps demeurent constantes, malgré tous les changements du monde extérieur. Ce qui nous apprend à reconnaître que ce qui demeure ainsi toujours semblable à soi-même est notre corps, c'est que nous y pouvons faire naître des changements par le fait de notre volonté, tandis que tout ce qui n'est pas notre corps change indépendamment de notre volonté et malgré elle. Nos actions spontanées, qui nous procurent des sensations, laissent des idées dans notre esprit, et nous apprenons à distinguer ces actions spontanées de la masse des idées d'autres choses. C'est ainsi que se produit en nous l'idée de notre propre vie. La notion abstraite de tout ce qui appartient à cette vie propre est le *moi*, c'est-à-dire que nos diverses actions spontanées, en s'obscurcissant réciproquement, laissent l'idée abstraite du *moi*, comme résidu ou comme point de ressemblance. Le *moi* conçu

nme se formant des idées, ou la conception d'idées comme étant des états par-liers ou des qualités du *moi*, est ce qu'on nomme la conscience de soi-même. te conscience est évidemment un état acquis, et non pas un état primitif; il n'y es possibilité, dans le principe, d'établir une distinction entre les sensations et idées qui se rapportent aux objets extérieurs ou à celui que nous apprenons s tard à reconnaître pour notre propre corps.

Sentiments.

Le mot *sentiments* a tant d'acceptions diverses, soit dans le langage usuel, soit psychologie, qu'on ne sait trop quel sens y attacher (1). On entend par là tantôt plaisir et le déplaisir ou des passions voisines; tantôt des états qui n'ont rien passionné, et dans lesquels on ne peut voir réellement que des idées obscures, nme le sentiment de la vérité, les pressentiments; quelquefois certaines idées enues règles de conduite ou prédominantes, comme le sentiment d'honneur, le timent moral, le sentiment des convenances. Quelques psychologistes confon-t ces divers états les uns avec les autres : cependant tous les sentiments de plaisir le peine se rapportent uniquement à des états du sujet et à ses penchants, lis que le sentiment moral, le sentiment du beau, etc., n'ont trait qu'à des tions objectives. La plupart des états de l'esprit appartiennent au domaine des s. Il ne convient point d'assigner des noms spéciaux aux rapports particuliers idées. Les mots *pensées*, *notions générales*, *jugements*, expriment des rapports ce genre, et le mot *sentiments* devrait être applicable aussi à un certain genre la relation; mais malheureusement il exprime des états tout à fait différents les des autres.

es sentiments de plaisir, de peine et de beaucoup d'autres états analogues seront minés dans le chapitre suivant : ce sont des désirs dont on a la conscience.

Ceux qui sont des idées, des notions générales, des jugements ayant acquis un voir dominateur et régulateur, comme le sentiment moral, le sentiment d'hon-ir, le sentiment du beau, le sentiment des convenances, et les erreurs de ces es qu'on désigne sous le nom de *préjugés*, ne diffèrent d'autres idées, notions érales et jugements, que parce que la possibilité d'en faire une application pra-ue à l'homme est cause qu'on les a érigés en règles de conduite. La plupart des res sentiments ne sont que des masses d'idées non analysées, et par conséquent cures, desquelles résulte une certaine impression d'ensemble qui flotte vague-nt devant l'esprit, comme dans ce qu'on nomme les *pressentiments*.

CHAPITRE II.

Des passions et de la liberté.

Certaines idées sont accompagnées de quelque chose qu'on ne peut pas réduire l'idée elle-même, et qu'on nomme *penchant*. Lorsque la douleur se fait sentir,

(1) Voyez Cabanis, *Rapports du physique et du moral de l'homme*, huitième édition, avec des es par L. Peisse. Paris, 1844, p. 102 et suiv.

et que l'idée vient à en être conçue, il se manifeste en même temps une tendance à la fuir. La simple idée de douleur ou de plaisir suffit pour faire naître un penchant. Toutes les fois que ce penchant rencontre des obstacles, il s'ensuit des sentiments désagréables, tandis que, quand il lui est permis de se satisfaire, des sentiments agréables en sont la conséquence. Il existe donc dans l'âme, indépendamment de la conception, un état tout autre, dont l'exaltation a pour résultat, non pas, comme quand il s'agit d'idées, de procurer à celles-ci une plus grande clarté ou netteté, mais d'accroître la force du penchant. Les penchants de l'âme tendent non seulement à éviter la douleur et les idées de douleur, à rechercher le plaisir et les idées de plaisir, mais encore à maintenir un certain degré d'énergie de la vie propre à l'individu, et à combattre tout ce qui tendrait à la diminuer. Le penchant, pris dans le sens le plus général, est la tendance à se conserver, à étendre le cercle de sa propre existence. Tout ce qui le contrarie est désagréable, tout ce qui le favorise plaît. Les objets changent, mais le penchant reste. Eu égard à la conception, telle chose y met obstacle aujourd'hui, qui demain n'aura aucune influence sur elle, ou même lui deviendra favorable. C'est pourquoi notre penchant nous porte à chaque instant vers des choses différentes, et toujours vers ce qui a les qualités requises pour compléter ou étendre l'état dans lequel l'âme se trouve actuellement.

Le penchant est toujours accompagné d'idées. D'abord l'esprit le conçoit, ainsi que les sensations et les actions qu'il provoque dans le corps; puis les choses qui en sont l'objet deviennent continuellement présentes à la conscience. Toutes les idées qui se combinent avec des penchants ont pour thème fondamental l'idée de soi-même, de sa propre existence; mais l'idée de soi-même et des changements que le moi peut éprouver ne constitue pas une passion, tant qu'il ne s'y joint pas un penchant. Car, si l'idée de l'état actuel du moi, comparé à l'état antérieur $A - a$, n'est point encore de la tristesse, de même que l'idée $A + a$ n'est point encore de la joie, pour qu'une passion surgisse il faut un penchant contrarié ou favorisé par des idées.

D'un autre côté, les idées qui ont trait au moi ne sont pas les seules qui puissent susciter des passions.

Tant que les changements sur lesquels s'exerce l'action de notre esprit ne concernent ni des êtres ayant des rapports avec nous, ni des êtres ayant de l'affinité avec la sensation que nous éprouvons de nous-mêmes, les idées qu'ils provoquent passent en nous sans provoquer aucune passion; ils ne sont pas désagréables, ils n'excitent ni tristesse ni désirs. Mais, dès que l'idée de nous-mêmes entre en jeu, dès qu'il s'agit d'une restriction ou d'une extension de notre propre moi par le fait d'une autre idée, alors, tant que le penchant subsiste, la passion de la tristesse et de la joie et la tendance à la conservation de soi-même se manifestent sous la forme de désirs, parce que la puissance du moi, qui apparaît à notre conception comme incomplète ou frappée de restriction, tend à s'intégrer. Le sentiment de soi-même entre donc comme élément dans toutes les passions. A la vérité, les hommes se passionnent aussi pour de simples opinions, sans que le tien et le mien aient aucun intérêt direct; mais ils ne le font qu'autant que, par l'effet de l'habitude, de l'éducation, des circonstances, ils ont tellement identifié ces opinions avec leur moi, qu'elles en font pour ainsi dire partie. Nous nous passionnons aussi pour

autres, pour ce qui arrive à d'autres, mais en tant seulement que nous y trouvons un intérêt quelconque, soit que les autres nous ressemblent, soit qu'il y ait une liaison entre leur sort et le nôtre. Une controverse perd tout caractère de passion, et se renferme dans l'objet de la discussion, dès que nous parvenons à en considérer l'objet sans qu'il ait le moindre rapport avec notre moi. Lorsqu'on se livre à des recherches particulières, et qu'après avoir suivi pendant longtemps une opinion, on rencontre un fait prouvant la fausseté de cette opinion, qui s'était identifiée peu à peu avec nous, nous ressentons de la peine, parce que l'opinion à laquelle il nous faut renoncer commençait à faire partie de notre propre moi. Au fond, nous devrions regarder avec indifférence une hypothèse dont nous n'avons fait part à personne, et qui, enfantée dans le silence, peut être abandonnée aussi sans avoir subi l'épreuve de la publicité, et le vrai seul devrait en pareil cas nous procurer de la satisfaction; cependant l'expérience générale prouve que découvrir l'erreur d'une opinion dans laquelle on s'est complu pendant longtemps occasionne de la tristesse; l'équilibre ne se rétablit que quand nous avons assez réfléchi sur le nouveau fait qui démontre l'erreur dans laquelle nous étions tombés, pour qu'à son tour il soit devenu en quelque sorte partie intégrante de nous-mêmes.

Toutes les passions peuvent être ramenées au *plaisir*, à la *peine*, au *désir*. Dans toutes, on trouve pour éléments l'idée de soi-même ou de sa vie propre, l'idée de choses étrangères qui limitent ou agrandissent notre vie propre, le penchant à la conservation de soi-même, et le pouvoir d'aider ou de contrarier ce penchant.

Quant à la relation existante entre les passions, d'une part, l'organisation et le cerveau, de l'autre, je crois qu'avant tout il faut se rappeler un fait sur lequel j'ai déjà plus d'une fois insisté, savoir, que l'action organique précède la conception des idées, et que l'organisation cérébrale permet seule à la vie spirituelle de se manifester sous cette forme. Concevoir des idées et éprouver des sentiments sont deux états qui n'ont pas des relations du même genre avec le cerveau. Il y a dans l'organisme une tendance dont la conscience ne reçoit aucune information, et dont le *sensorium commune* n'est pas le siége unique. Tous les organismes tendent à s'approprier ce qui les entoure et à se maintenir en jouissance de ce qu'ils possèdent. Les végétaux eux-mêmes ont cette tendance dans leur accroissement, et chez l'homme elle a une base bien plus étendue que le cerveau, car elle s'y manifeste dans l'organisme tout entier, et c'est même elle qui détermine le travail de l'organisation. Mais, chez les animaux, cet appétit organique a son reflet dans le *sensorium*, et l'animal, qui distingue les idées ayant trait au monde extérieur de celles qui se rapportent à son moi, le perçoit comme une puissance vague et instinctive de sa vie propre, comme un pouvoir qui s'affirme sans cesse et se nourrit de toutes les idées liées à sa propre existence, parce qu'il y trouve tout ce qui peut le gêner et le favoriser dans son cercle d'action. Aucun argument général ne nous autorise à nier que l'organisation du cerveau ne le rende apte à recevoir et conserver ces reflets dans une quelconque de ses parties, et qu'il ne renferme en ce sens une province réellement affective; mais les faits nous manquent aussi pour établir d'une manière probable qu'à chaque appétit est assigné un organe spécial, et, en tout cas, il n'y a qu'un seul et unique appétit, une seule et unique tendance

originelle à maintenir et étendre le pouvoir de sa propre existence, appétit qui peut d'ailleurs s'exercer sur des objets différents, et recevoir une direction déterminée des conditions organiques de ceux d'entre les organes qui sont en conflit particulier avec le monde extérieur.

De simples changements matériels peuvent faire qu'on soit plus ou moins disposé aux passions, à la joie, à la tristesse, aux désirs. Les passions et les désirs de l'amour ne naissent quelquefois pas, malgré la présence d'une cause extérieure suffisante, lorsque l'organisme est peu disposé à la sympathie et à l'excitement, tandis que la moindre occasion suffit pour les provoquer quand le système nerveux et l'appareil génital sont dans un état prononcé de tension organique. Une passion, comme confiance, candeur, amitié, qui n'est pas possible chez une personne à jeun, le devient par l'effet d'un changement de la tension organique. On voit, d'après cela, que l'intensité de la tension organique qui prédispose à une passion, détermine celle de l'idée ayant trait au moi qui occupe l'esprit, et que c'est elle qui lui communique l'impulsion, qui la rend plus ou moins violente. L'excitabilité des états organiques compense le degré de pouvoir de la cause excitante, pour arriver à un certain *quantum* de passion.

Les penchants de l'âme produisent, à leur tour, des effets organiques dans la plupart des parties de l'organisme, sinon dans toutes. Les idées mêmes qui n'ont rien de passionné déterminent, lorsqu'elles ont assez d'intensité, des effets dans des parties autres que le cerveau, les organes des sens, les muscles, comme le prouvent les visions et les mouvements qui naissent de l'idée d'un mouvement, par exemple de celle du bâillement. Mais les effets des penchants sur l'organisme sont, proportion gardée, bien plus forts et beaucoup plus étendus. Tout ce qui contrarie la tendance à la conservation de soi-même exerce une influence déprimante sur l'esprit et le corps, détermine des sensations désagréables, et gêne ou arrête les mouvements; tandis que tout ce qui favorise cette tendance agit comme excitant sur le sentiment et le mouvement. Dans les deux cas, la nutrition et la sécrétion subissent un changement. Cette communication à tout l'organisme part du cerveau. Elle se répand de tous côtés, en suivant le cours des nerfs, et produit des effets locaux plus ou moins prononcés suivant la prédisposition des individus. Il naît des courants spéciaux vers les organes qui réalisent l'objet conçu de la passion, par exemple vers l'appareil génital dans l'appétit vénérien, vers les glandes salivaires dans l'appétit digestif. Mais il ne résulte pas de là que le siége des passions soit dans les divers organes périphériques. Les organes n'y prennent part qu'en ce sens que l'excitation qu'ils éprouvent, quand un penchant quelconque se prononce avec force, réagit sur le cerveau et sur l'état des divers appareils organiques. Dans les passions à la satisfaction desquelles ne sont point assignés des organes spéciaux, l'influence qu'elles exercent sur l'organisme se réduit à une irradiation générale sur le système nerveux, irradiation qui modifie les mouvements, les sensations, la nutrition, et qui, agréable, fortifiante, dans les passions excitantes, est au contraire désagréable et débilitante dans les passions déprimantes. L'homme atteint de quelque affection morbide ressent principalement l'excitation ou la dépression dans l'organe malade, par exemple au foie, au cœur, au canal intestinal, au système rachidien.

La passion fondamentale de la tristesse a pour objet l'idée d'une chose dés-

agréable ; celle de la joie, depuis la simple satisfaction jusqu'à la jubilation, a pour objet l'idée d'une chose agréable.

Dans le cas le plus simple, et généralement chez les animaux, le désagréable est une sensation physique déplaisante : la gêne qu'éprouve alors le penchant à la conservation constitue la tristesse. Comme les idées prennent la place des sensations, le désagréable est aussi l'idée d'une sensation pénible, sans qu'il y ait sensation actuelle, et cette idée aussi rend triste, donne lieu à de véritables sensations désagréables. Mais toute idée qui, sans se rapporter à une sensation, implique une gêne du penchant à la conservation, est désagréable à l'homme, et le rend triste, A-a. La restriction que A-a apporte au sentiment de soi-même A, constitue la tristesse. Tant que le sentiment de soi-même est réduit à A-a, on demeure triste, et la tristesse se renouvelle avec l'idée A, tant que a n'a pas été écarté. L'équilibre une fois rétabli, le désagréable a perdu ses épines : voilà pourquoi le temps guérit les peines morales.

Dans le cas le plus simple, et généralement chez les animaux, l'agréable est ce qui produit la sensation de bien-être et de plaisir, et procure une pleine liberté au jeu des actions organiques; la seule idée de cet état physique est agréable et procure de la joie. Mais, en général, chez l'homme, la joie résulte de toute idée qui agrandit notre sphère d'action, écarte un obstacle et nous en débarrasse, A + a. Quand le sentiment de soi-même A se trouve porté à A + a, nous éprouvons du bien-être et de la joie, qui durent jusqu'au rétablissement de l'équilibre entre A et A + a. Ce moment une fois arrivé, a n'a plus d'action, à moins que l'idée A n'entre dans l'esprit, et se convertisse de nouveau en A + a.

Nous désirons ce que nous pensons être agréable et qui n'est point encore en notre possession. Le désir consiste en ce que deux idées d'états de notre propre vie arrivent, l'une par rapport à l'autre, à un degré de tension tel que l'équilibre ne peut point être rétabli sur-le-champ entre elles. L'idée de la chose agréable est a, celle de l'état réel de notre moi est A-a, et celle de l'état possible de notre moi est A + a. Nous tendons à mettre ces idées en équilibre; mais un empêchement quelconque les maintient à l'état de tension. La tension entre A-a et A + a est le désir : celui-ci diffère de la joie, en ce que l'une des deux idées ne se convertit point en l'autre, mais en ce que l'une balance l'autre, de manière que A-a appelle l'idée de A + a, et qu'à son tour l'idée de A + a excite celle de A-a. Dès que l'état réel de la vie peut passer de A-a à A et à A + a, le désir se convertit en joie (appelée alors satisfaction). La tension entre A — a réel et A est la tendance à écarter l'obstacle; celle entre A — a et A + a est la tendance à atteindre ce qui peut agrandir notre sphère d'action.

Les passions ont souvent pour effet les idées que nous nous faisons des rapports des choses. Dès que des choses situées hors de nous, et même des vérités, des opinions, se représentent à notre esprit comme ayant des relations avec l'intégrité de notre propre pouvoir, nous sommes exposés, d'après ce qui précède, à juger avec passion les rapports des objets. La passion fait acquérir aux opinions qu'on se forme de certains objets une intensité telle qu'elles ne peuvent plus être réfutées par le raisonnement. Considérée en elle-même, nulle idée d'objets extérieurs ne peut être dite intense ou violente : elle est seulement claire ou obscure, et source d'une conviction plus ou moins grande. Nous entendons donc seulement ici, par

intensité ou violence des opinions, le degré de puissance ou d'influence que la passion leur fait acquérir sur un individu, en d'autres termes la quantité de l'idée. Plus le malaise qu'une idée désagréable excite est grand, plus cette idée est capable d'attirer des idées affines. La passion que provoque une chose désagréable rend celle-ci plus désagréable encore, et, à son tour, l'idée de la chose désirable accroît la passion. Par conséquent, tandis que l'âme passe alternativement de l'idée de l'obstacle qu'elle rencontre à l'idée du trouble que cet obstacle apporte en elle, puis retourne de cette idée-ci à celle-là, l'idée de la chose déplaisante doit nécessairement acquérir des dimensions plus grandes, ou, si l'on peut parler ainsi, plus de volume, et de là résulte qu'elle ne peut plus être ramenée à l'équilibre, c'est-à-dire corrigée, par des arguments contraires. Voilà pourquoi, quand un homme est entraîné par la passion, on ne parvient souvent à le convaincre du véritable état des choses qu'après avoir calmé sa passion, c'est-à-dire qu'après avoir délivré son âme de ce qui gênait le libre exercice de ses facultés ou leur donnait une extension exagérée. La meilleure manière d'arriver à ce but est de prendre des voies détournées; car toute chose, quelle qu'en soit la nature, qui fait sortir le moi de l'état de contrainte et de gêne où il se trouvait, produit un effet calmant. Dès que le calme est rétabli, les idées perdent leur intensité anormale, et, reprenant celle qui leur est naturelle, elles redeviennent soumises à la loi de l'équilibre, c'est-à-dire à l'influence atténuante des idées contraires. Une opinion qui a pris le caractère de la passion, peut aussi être neutralisée par une autre qui présente le même caractère. Quand, par cela seul qu'une personne nous déplaît, nous nous sentons disposés à concevoir, sans motifs suffisants, une mauvaise opinion d'elle, et à la haïr, un plaisir qu'elle nous procure suffit, s'il est assez grand, pour nous calmer, et pour nous déterminer à la regarder d'un œil favorable, sans que nous ayons pour cela des motifs meilleurs que ceux qui nous portaient auparavant à la détester. En ce cas, une idée intense est supplantée par une autre. La jalousie des amoureux fournit des exemples de l'intensité, souvent portée jusqu'au ridicule, que les passions peuvent faire acquérir aux opinions. Les passions se mêlent à tout ce que l'homme fait, en bien comme en mal, et partout elles communiquent aux idées l'intensité nécessaire pour agir, soit au physique, soit au moral, cette énergie qui enfante l'absolutisme, les révolutions et les contre-révolutions. Des idées politiques, religieuses, scientifiques, qui s'emparent des hommes, les poussent à des efforts passionnés pour faire triompher ce qu'ils regardent comme des vérités. Le mysticisme consiste en une direction exclusive que l'homme donne à ses idées, et qui l'empêche d'apprécier la justesse des idées opposées; il tient à ce que, pour ce qui concerne les idées religieuses, on s'attache uniquement à celles qui flattent l'individualité, évitant et haïssant celles qui lui déplaisent. Ici la justesse des idées est neutralisée par leur intensité. Le fanatisme est de même nature, mais il ne se renferme pas dans le cercle des spéculations, et veut encore appliquer ses idées à la vie pratique.

Les détails dans lesquels je viens d'entrer me paraissent suffisants pour éclaircir la nature physiologique des passions. Pour ce qui concerne les rapports statiques de ces dernières, je crois ne pouvoir mieux faire que de citer textuellement l'excellente exposition qu'en a faite Spinosa. Je ferai seulement remarquer que cette statique n'exprime une loi nécessaire qu'en tant qu'on suppose l'homme

oumis en entier à l'empire des passions, et que la raison y apporte des modifications.

« L'âme, dit Spinosa (1), s'efforce, autant qu'il est en elle, d'imaginer les choses ui augmentent ou favorisent la puissance d'agir du corps.

» Quand l'âme imagine des choses qui diminuent ou empêchent la puissance 'agir du corps, elle s'efforce, autant qu'il est en elle, de se rappeler d'autres hoses qui excluent l'existence des premières. Il suit de là que l'âme répugne à naginer les choses qui diminuent ou empêchent sa puissance et celle du corps.

» Si l'âme a été une fois affectée tout ensemble de deux passions, aussitôt que, ans la suite, elle sera affectée de l'une d'elles, elle sera aussi affectée de l'autre.

» Une chose quelconque peut causer dans l'âme, par accident, la joie, la tris- sse ou le désir. Supposons que l'âme ait été affectée à la fois de deux passions pposées, c'est-à-dire de deux idées qui produisent, l'une la joie, et l'autre la tris- sse ; dès qu'elle viendra dans la suite à être affectée de nouveau d'une de ces eux passions, elle le sera en même temps de la seconde. La première devient ors, par accident, cause de joie ou de tristesse.

» C'est pourquoi, par cela seul qu'au moment où notre âme était affectée de joie u de tristesse, nous avons vu un certain objet, qui n'est point du reste la cause ficiente de ces passions, nous pouvons aimer cet objet ou le prendre en haine.

» Par cela même que nous imaginons qu'une certaine chose est semblable par uelque endroit à un objet qui d'ordinaire nous affecte de joie et de tristesse, bien ue le point de ressemblance ne soit pas la cause efficiente de ces passions, nous imons pourtant cette chose ou nous la haïssons.

» Quand une chose nous affecte habituellement d'une impression de tristesse, i nous venons à imaginer qu'elle a quelque ressemblance avec un objet qui nous ffecte habituellement d'une impression de joie de même force, nous aurons de la aine pour cette chose, et en même temps de l'amour. Cet état de fluctuation est la passion ce que le doute est à l'imagination.

» L'homme peut être affecté d'une impression de joie ou de tristesse par l'image 'une chose passée ou future, comme par celle d'une chose présente. Car, tant que homme est affecté par l'image d'une certaine chose, il la voit comme présente, lors même qu'elle n'existerait pas, et il ne l'imagine comme passée ou comme nture qu'en tant que son image est jointe à celle d'un temps écoulé ou à venir.

» Ce qui précède nous fait comprendre ce que c'est qu'espérance, crainte, sécurité, désespoir, contentement et remords. L'espérance n'est autre chose qu'une ie mal assurée, née de l'image d'une chose future ou passée dont l'arrivée est pour ous incertaine; la crainte, au contraire, est une tristesse mal assurée, née aussi e l'image d'une chose douteuse. Qu'on retranche le doute de ces affections, l'esérance et la crainte deviennent la sécurité et le désespoir, c'est-à-dire la joie ou a tristesse née de l'image d'une chose qui nous a inspiré crainte ou espérance.)uant au contentement, c'est la joie née de l'image d'une chose passée qui avait té pour nous un sujet de doute. Enfin le remords est la tristesse opposée au contentement.

» Celui qui se représente la destruction de ce qu'il aime, est saisi de tristesse :

1. *Œuvres*, trad. par Saisset. Paris, 1843. — *Ethique*, 3e part., t. II, p. 155 et suiv.

s'il s'en représente la conservation, il éprouve de la joie. Car les images des choses qui impliquent l'existence de l'objet aimé favorisent l'effort de l'âme pour imaginer cet objet, en d'autres termes, réjouissent l'âme; au contraire, les images des choses qui excluent l'existence de l'objet aimé empêchent cet effort de l'âme, c'est-à-dire l'attristent.

» Celui qui se représente la destruction de ce qu'il hait sera saisi de joie. Car l'âme s'efforce d'imaginer tout ce qui exclut l'existence des choses capables de diminuer ou d'empêcher la puissance d'action du corps, en d'autres termes, s'efforce d'imaginer tout ce qui exclut l'existence des choses qu'elle hait.

» Celui qui se représente l'objet aimé comme saisi de tristesse ou de joie, éprouve ces mêmes affections. Car les images des choses qui impliquent l'existence de l'objet aimé, favorisent l'effort que fait l'âme pour se représenter cet objet aimé. Or la joie exprime l'existence de celui qui l'éprouve; elle est par rapport à lui le passage à une plus grande perfection, et, par rapport à l'existence de l'objet aimé, une affirmation.

» Si nous nous représentons une personne comme causant de la joie à l'objet aimé, nous éprouverons pour elle de l'amour; si nous nous la figurons, au contraire, comme causant de la tristesse à l'objet aimé, nous éprouverons pour elle de la haine : *approbation*, *indignation*.

» Celui qui se représente l'objet qu'il hait dans la tristesse, en sera réjoui; dans la joie, il en sera contristé. Car l'objet odieux, en tant qu'il est dans la tristesse, tend à la destruction de son être, et nous recherchons ce qui est exclusif de l'existence des choses qui nous excluent : *envie*.

» Si nous nous représentons une personne comme causant de la joie à un objet que nous haïssons, nous haïssons aussi cette personne. Si, au contraire, nous nous la représentons comme causant de la tristesse à un objet odieux, nous aurons pour elle de l'amour.

» Tout ce que nous nous représentons comme causant de la joie à nous-mêmes ou à ce que nous aimons, nous nous efforçons de l'affirmer, et de nous-mêmes et de ce que nous aimons, et nous nous efforçons, au contraire, d'en nier tout ce que nous nous représentons comme causant de la tristesse à ce que nous aimons ou à nous-mêmes : *orgueil*, *surestime*.

» Nous nous efforçons d'affirmer de l'objet que nous avons en haine tout ce que nous imaginons lui devoir causer de la tristesse, et d'en nier tout ce que nous imaginons lui devoir causer de la joie : *mépris*, *esprit de dénigrement*.

» Par cela seul que nous nous représentons un objet qui nous est semblable comme affecté d'une certaine passion, quoique cet objet ne nous en ait jamais fait éprouver aucune, nous ressentons une passion semblable à la sienne : *compassion*, *commisération*; car cette idée entraîne à sa suite celle que nous pouvons être exposés nous-mêmes à la même passion.

» Quand nous nous représentons une personne, pour qui d'ailleurs nous n'éprouvons aucune passion, comme causant de la joie à un de nos semblables, nous aimons cette personne; si, au contraire, comme lui causant de la tristesse, nous la haïssons.

» Nous ne pouvons haïr un objet qui nous inspire de la commisération, par cela seul que le spectacle de la misère nous met dans la tristesse. Car, si cela suffisait

pour nous inspirer de la haine contre lui, il arriverait alors que nous nous réjouirions de sa tristesse : or, la commisération consiste à souffrir du mal de notre prochain.

» Chaque fois qu'un objet nous inspire de la commisération, nous nous efforcons, autant qu'il est en nous, de le délivrer de sa misère. Car par là nous éloignons notre propre déplaisir et ce qui est opposé à notre propre existence : *bienveillance.*

» Toute chose qu'on se représente comme conduisant à la joie, on fait effort pour qu'elle arrive ; si, au contraire, elle doit être un obstacle à la joie, et mener à la tristesse, on fait effort pour l'écarter ou la détruire.

» Nous nous efforçons de faire toutes les choses que nous imaginons que les hommes verront avec joie, et nous avons de l'aversion pour celles qu'ils verront avec aversion ; car c'est un plaisir ou une peine pour nous que les autres ressentent du plaisir ou de la peine à notre occasion.

» Quand nous louons, nous affirmons la chose qui nous fait plaisir.

» Celui qui imagine qu'une chose qu'il a faite donne aux autres de la joie, ressent aussi de la joie, unie à l'idée de soi-même, comme cause de cette joie ; en d'autres termes, il se regarde soi-même avec joie. Si, au contraire, il imagine que son action donne aux autres de la tristesse, il se regarde soi-même avec tristesse : *modestie*, *honte.*

» Si nous venons à imaginer qu'une personne aime, désire ou hait quelque objet, que nous-mêmes aimons, désirons ou haïssons, nous l'en aimerons, désirerons, haïrons d'autant plus. Si nous pensons, au contraire, qu'elle a de l'aversion pour un objet que nous aimons, ou réciproquement, nous éprouverons une fluctuation intérieure ; car la joie ou la tristesse de l'un cause aussi la joie ou la tristesse d'un autre.

» De là il suit que chacun fait effort, autant qu'il peut, pour que les autres aiment ce qu'il aime, et haïssent ce qu'il hait : *ambition.*

» Si nous imaginons qu'une personne se complaît dans la possession d'un objet dont seule elle peut jouir, nous ferons effort pour qu'elle ne le possède plus : *envie* ; car, par cela seul que nous imaginons qu'une personne est heureuse de la possession d'un certain objet, nous aimons cet objet et désirons en jouir : or, c'est un obstacle à notre désir, que cette personne possède l'objet qu'elle aime ; donc nous ferons effort pour qu'elle ne le possède plus.

» Quand nous aimons un objet qui nous est semblable, nous faisons effort, autant que nous pouvons, pour qu'il nous aime à son tour ; car nous faisons effort, autant que possible, pour que l'objet aimé éprouve un sentiment de joie accompagné de l'idée de nous-mêmes, ce qui revient à dire pour qu'il nous aime à son tour.

» Nous aurons une idée de nous d'autant plus haute, nous serons d'autant plus fiers, nous éprouverons d'autant plus de plaisir, que nous nous imaginerons plus grande la passion que l'objet aimé ressentira pour nous.

» Si nous venons à imaginer que l'objet aimé se joint à un autre par un lien d'amitié égal à celui qui jusqu'alors nous l'enchaînait sans partage, ou plus fort encore, nous éprouvons de la haine pour l'objet aimé, et de l'envie pour notre rival. C'est ce qu'on nomme *jalousie*, qui est une fluctuation intérieure, née de

l'amour et tout ensemble de la haine, accompagnés de l'idée de l'objet que nous enviions.

» Celui qui se souvient d'un objet qui une fois l'a charmé, désire le posséder encore et avec les mêmes circonstances. Si donc il s'aperçoit de l'absence d'une de ces circonstances, il sera attristé : *regret*.

» Le désir qui naît de la tristesse et de la joie, de la haine ou de l'amour, est d'autant plus grand que la passion qui l'inspire est plus grande.

» Celui qui commence de prendre en haine l'objet aimé, de façon que son amour en soit bientôt complétement éteint, s'il vient à avoir contre lui un motif de haine, ressentira une haine plus grande que s'il ne l'eût jamais aimé; car il faut beaucoup plus de causes pour changer l'amour en haine que pour provoquer simplement la haine.

» Celui qui a quelque objet en haine s'efforcera de lui faire du mal, à moins qu'il ne craigne de sa part un mal plus grand; et au contraire, celui qui aime quelque objet, s'efforcera de lui faire du bien, sous la même condition; car avoir un objet en haine, c'est se le représenter comme une cause de tristesse, et en conséquence celui qui a un objet en haine s'efforcera de l'écarter ou de le détruire.

» Celui qui s'imagine qu'il est haï par un autre, et ne croit lui avoir donné aucun sujet de haine, le hait à son tour. La haine excite en nous de la tristesse, et, quand nous nous imaginons être haï par quelqu'un, nous éprouvons une tristesse accompagnée de l'idée que cette personne en est la cause.

» Celui qui se représente l'objet aimé comme ayant pour lui de la haine est combattu entre la haine et l'amour.

» Celui qui s'imagine qu'une personne qui lui est demeurée indifférente jusqu'alors a été poussée par la haine à lui causer un certain mal, s'efforcera de lui causer incontinent le même mal.

» Celui qui s'imagine être aimé d'une certaine personne, et croit ne lui avoir donné aucun sujet d'amour, aimera à son tour cette personne : car la joie que nous causons excite la joie. De là le penchant à céder à l'amour, vrai ou faux, et à la flatterie.

» Celui qui croit être aimé d'une personne qu'il déteste, sera combattu entre l'amour et la haine.

» Celui qui a fait du bien à autrui, soit par amour, soit par l'espoir de la gloire qu'il en pourra tirer, sera attristé si son bienfait est reçu avec ingratitude. (L'ingratitude elle-même naît de la résistance que des penchants actuels plus forts opposent aux idées d'états antérieurs.)

» La haine augmente quand elle est réciproque; elle peut être détruite par l'amour.

» La haine qui est complétement vaincue par l'amour devient de l'amour, et cet amour est plus grand que s'il n'eût pas été précédé par la haine, car la force qui triomphe de la haine est plus grande, et, toutes choses égales d'ailleurs, susceptible de plus fortes excitations.

» Nous ressentirons de la haine pour un de nos semblables, s'il en a lui-même pour un autre que nous aimons; car, en songeant qu'une personne a de la haine pour l'objet aimé, nous imaginons par cela même l'objet aimé comme saisi de

haine, et partant de tristesse; ce qui nous attristera : et, nous représentant alors l'idée de celui qui hait l'objet aimé comme la cause de notre propre tristesse, nous le haïrons.

» Si nous avons été affectés d'une impression de tristesse ou de joie par une personne d'une autre classe ou d'une autre nature que la nôtre, et si l'idée de cette personne, sous le nom commun de sa classe ou de sa nation, accompagne notre joie ou notre tristesse comme étant la cause même qui la produit, nous éprouverons de la haine ou de l'amour, non seulement pour cette personne, mais encore pour toutes celles de sa classe ou de sa nation.

» La joie qui provient de ce que nous imaginons que l'objet détesté est détruit ou altéré de quelque façon, n'est jamais sans mélange de tristesse; car, en tant que l'objet qui nous est semblable est dans la tristesse, nous sommes nous-mêmes contristés.

» L'amour et la haine que nous avons pour une personne disparaîtront si, à la tristesse qui enveloppe cette haine et à la joie qui enveloppe cet amour se joint l'idée d'une cause autre que la personne, et la haine ou l'amour diminuera en tant qu'on s'imaginera que celle-ci n'en a pas été la seule et unique cause.

» Une même cause doit nous faire éprouver pour un être que nous croyons libre plus d'amour ou de haine que pour un être nécessité; car, dans ce dernier cas, la cause n'est point une; c'est un enchaînement de circonstances.

» Une chose quelconque peut être, par accident, une cause d'espérance ou de crainte; de même qu'elle peut être, par accident, une cause de joie ou de tristesse : *pressentiments bons et mauvais, préjugés.*

» Différents hommes peuvent être affectés de façon différente par un seul et même objet, et le même homme peut être aussi affecté par un seul et même objet de façons différentes dans des temps différents.

» Quand l'âme se contemple soi-même et avec soi sa puissance d'action, elle se réjouit, et d'autant plus qu'elle se représente plus distinctement et soi-même et sa puissance d'action.

» L'âme ne s'efforce d'imaginer que les choses qui affirment ou posent sa puissance d'agir. Lorsqu'elle se représente sa propre impuissance, elle est par cela même attristée. Si l'on se représente qu'on est l'objet du blâme d'autrui, cette tristesse s'en trouve de plus en plus accrue.

» Personne ne conçoit d'envie pour la vertu, si ce n'est dans son égal.

» Autant il y a d'espèces d'objets qui nous affectent, autant il faut reconnaître d'espèces de joie, de tristesse et de désir, et en général de toutes les passions qui sont composées de celles-là, comme la fluctuation, par exemple, ou qui en dérivent comme l'amour, la haine, l'espérance, la crainte, etc.

» Toute passion d'un individu quelconque diffère de la passion d'un autre individu autant que l'essence du premier diffère de celle du second. Il suit de là que les passions des animaux doivent différer de celles des hommes autant que leur nature diffère de la nature humaine.

» Outre cette joie et ce désir qui sont des affections passives, il y a d'autres joies et d'autres désirs qui se rapportent à nous en tant que nous agissons, comme, par exemple, la joie que l'âme éprouve quand elle se conçoit elle-même et sa puissance d'action.

» Entre toutes les passions qui se rapportent à l'âme en tant qu'elle agit, il n'en est aucune qui ne se rapporte à la joie ou au désir. Telles sont l'intrépidité et la générosité. »

Caractère.

On entend par caractère l'état dans lequel l'esprit se trouve par rapport aux idées et aux penchants qui concernent le moi ou les choses affines du moi, aux excitations, réprimées ou non, et à leurs conséquences statiques, enfin à leur lutte entre ces mouvements et la raison.

Quand un homme est peu accessible à la joie, à la tristesse, aux désirs, et que son physique est incapable de subir les changements organiques qu'entraînent à leur suite les modifications qui surviennent dans le sentiment que chacun a de soi-même, on dit qu'il n'a pas d'entrailles, qu'il a l'âme sèche, qu'il a le cœur froid. Celui qui possède les qualités opposées est dit avoir de l'âme, et ses sentiments sont grossiers ou épurés, suivant que la raison intervient ou non dans la statique des passions.

On dit encore, dans un sens plus restreint, qu'un homme manque d'âme ou d'entrailles, quand, bien que susceptible d'être fortement ému par la joie, la peine et le désir, toutes les fois que sa personne est mise en jeu, il ressent peu la tristesse et le plaisir que peuvent éprouver ses semblables, de manière qu'il n'a pas agrandi la sphère de son propre moi en y faisant entrer une partie au moins de celui des autres hommes. A celui qui se comporte autrement on accorde de l'âme, des entrailles, toujours dans l'acception restreinte de ces deux termes figurés.

La disposition à avoir ce qu'on appelle de l'âme, du cœur, des entrailles, ne dépend point de l'habileté à saisir les idées complexes et les relations des idées. Car, pour que cette faculté puisse être excitée, il faut, d'un côté, une classe d'idées relatives au moi, ou aux êtres qui tiennent de près au moi; d'un autre côté, l'aptitude à éprouver des émotions variées sous l'influence de ces sortes d'idées: aussi un homme peu favorisé du côté de l'intelligence peut-il avoir beaucoup d'âme, et un homme doué de hautes capacités en avoir fort peu. Quant à ce qui concerne l'acception qu'on donne au mot, lorsqu'on le prend dans un sens limité, l'homme sans âme, qui possède de brillantes facultés intellectuelles, les fait tourner de préférence à son propre intérêt, tandis que celui qui a de l'âme, que d'ailleurs il soit ou non remarquable au point de vue intellectuel, s'intéresse au bien-être de ses semblables, non pas seulement par réflexion, mais par sympathie, et jouit ou souffre, suivant qu'il voit les autres éprouver du plaisir ou de la peine.

Cette tournure d'esprit suppose que, quelle que soit l'étendue de l'intelligence, l'idée du moi, et de ce qui peut tourner à son avantage, soit contrebalancée par celle de ce qui peut être utile à tous les hommes, ou, en d'autres termes, que la première de ces deux idées embrasse et comprenne la seconde. Lorsqu'un homme en est arrivé là, et l'éducation contribue puissamment à l'y amener, ses actions ont pour règle l'équité et le bonheur de tous, soit uniquement par le fait de la réflexion, soit en même temps avec sentiment de plaisir ou de peine, et dans ce dernier cas on dit qu'il est bon, qu'il est bienveillant. Chez les enfants, c'est principalement la satisfaction du moi qui dirige la conduite, car cette idée est la première qui se développe, et elle s'enchaîne ensuite à toutes les modifications,

ensations et actions de l'organisme. Par l'effet de l'éducation, l'amour de soi-même s'étend plus ou moins à la famille, et par là embrasse déjà une communauté l'intérêts. Avec le temps il prend encore plus ou moins d'extension.

A égal degré d'excitabilité, les hommes n'ont pas tous le même caractère. Cette ifférence dépend du plus ou moins d'aptitude que les états organiques donnent éprouver les émotions du plaisir, de la peine, des désirs, et au plus ou moins de isposition que telles ou telles idées trouvent dans les organes à favoriser ou à en-ver l'action.

Les animaux aussi ont un caractère : ils sont joyeux, tristes, compatissants, nvieux; ils connaissent la haine, l'amour, la jalousie, etc., et tous diffèrent les ns des autres à cet égard. Car, bien que tous soient organisés de manière à pou-ir présenter les phénomènes de la statique des passions, la faculté de subir des odifications organiques à l'occasion de certaines idées varie beaucoup en eux, et nature, en leur accordant des idées instinctives, qui surgissent dans leur esprit mme des espèces de songes, a rendu plus faciles chez eux la manifestation et la production de certains modes d'excitation.

Chez l'homme, le sentiment moral intervient, comme modificateur, dans la sta-que des passions, et, toutes les fois qu'il entre en jeu, on ne peut plus calculer s actions d'après les principes de cette statique.

Aussi longtemps qu'un homme se trouve soumis à la seule influence de passions ant rapport à lui-même ou à d'autres, le mot *bien* n'exprime pour lui qu'une lée purement relative, c'est-à-dire qu'il juge bon tout ce qui contribue à entre-nir son état présent de plaisir ou de désir, et mauvais tout ce qui tend à faire sser cet état, et à provoquer le déplaisir, avec les désirs qui en sont la consé-uence. Une même chose peut donc lui sembler bonne aujourd'hui, et mauvaise emain ; car l'envie et la compassion peuvent naître des mêmes sources, comme ous l'avons vu dans la statique des passions, de sorte que celui qui se montre ctuellement compatissant, peut devenir envieux quelques instants après, sans oir plus de motifs d'être l'un que l'autre. Les animaux aussi sont capables 'éprouver la compassion ou la pitié pour d'autres, même pour l'homme ; uand celui-ci leur fait du bien, quand il leur procure du plaisir, ils viennent à ui avec satisfaction, et le mal qu'il éprouve devient le leur. Il n'y a là aucune trace e moralité.

L'intérêt particulier est déjà un peu sacrifié à l'intérêt de tous ou de beaucoup, uand les passions de l'homme et des animaux qui se rapportent au moi personnel iennent à être balancées par d'autres passions qui ont également trait au moi, par xemple, chez les animaux, par la crainte du châtiment, chez l'homme, par les assions qu'engendre la superstition, qui, du reste, est une source aussi féconde n mauvaises actions qu'en bonnes.

Quand l'idée de ce qui peut tourner à l'avantage de sa famille, de sa caste, de a corporation, de ses compatriotes, devient prédominante chez l'homme, et grandit ainsi celle de sa propre personnalité, alors il conçoit une notion plus gé-érale de l'utile et du bien. Cependant la notion de ce qui peut profiter à un nombre imité de personnes est loin encore de celle du bien moral. Plus le cercle des indi-idus à l'égard desquels on conçoit que le bon peut être avantageux s'agrandit, plus n se rapproche de l'idée du bien moral. La notion devient plus parfaite quand on

arrive à regarder comme bien ce qui est tel, non pas seulement pour tous les hommes du temps présent, mais encore pour les hommes de tous les temps, dans quelques circonstances qu'ils puissent se trouver. C'est là aussi le bien qu'on doit désirer pour soi-même en toutes circonstances, et dont la notion exclut tout ce qui, portant le caractère du bien au temps présent, ne l'a plus pour le moment qui va suivre.

La soumission du moi à la loi divine qui régit l'univers est la raison, qui reconnaît que les choses particulières ne sont que des parties du grand tout, de l'infini. La raison engendre la notion du bien suprême, qui prend le nom de conscience, en tant qu'elle met opposition ou apporte des restrictions au bien relatif, c'est-à-dire à ce qui n'a le caractère de bien que par rapport aux états passagers, aux conditions temporaires de l'homme. La contemplation des imperfections de son propre moi (qui fréquemment n'est point dirigée par la notion du bien suprême), et la tendance à atteindre ce bien absolu, jointes à la conscience de sa propre dépendance et de sa propre faillibilité, constituent le sentiment religieux, le caractère de l'homme pieux. La satisfaction et la joie qui s'accordent avec la raison font le bonheur du sage, qui ne fuit pour cela ni les autres joies ni les idées de tristesse, en tant que ni les unes ni les autres ne sont pas incompatibles avec la raison (1).

L'homme pouvant être guidé par la notion générale du bien suprême, non moins que par les passions, il jouit par cela même de la liberté. Au fond cependant, les résolutions qu'il prend et les actions qu'il exécute, en vertu de cette notion, ne sont pas moins nécessaires que les événements ne le sont dans l'ordre physique, car rien ne s'accomplit jamais sans une raison suffisante. Une volonté livrée à tous les caprices de l'arbitraire, et ne reconnaissant aucune détermination, est une pure chimère. Quand deux passions contraires se font équilibre, ou qu'une passion lutte contre la raison, il semble que l'homme remplisse là le rôle d'un tiers qui, après avoir écouté ses deux conseillers, prend librement un parti quelconque ; il ne se croit pas libre lorsqu'après s'être décidé, il vient ensuite à changer d'avis (2). Mais ce ne sont là que des illusions, car la raison et les passions, tout est en lui, et son choix est l'effet combiné de l'une et des autres.

La volonté n'est autre chose que le désir avec certitude du résultat, une affirmation positive d'un état nécessaire qui a été précédé de fluctuation, et la fluctuation, l'indécision dure jusqu'à ce que quelque chose de plus vienne à être jeté dans la balance par la raison ou par les passions. L'exaltation causée par le vin, les sensations et tout ce qui dispose aux passions suffit pour faire vouloir une chose à laquelle, toutes circonstances égales d'ailleurs, on n'avait point encore eu de raison suffisante pour se déterminer. Le vin obscurcit les idées qui maintenaient l'équilibre, il fortifie l'état de tension qui produit la passion, et accroît ainsi l'aptitude à se laisser impressionner par les idées adéquates à cette passion.

Tantôt une résolution prise n'est qu'une série future d'idées, sans action extérieure de la part du corps, comme lorsqu'on donne une certaine direction à ses pensées, à ses souvenirs ; prendre une résolution, en ce sens, c'est donc savoir que

(1) Spinosa, *loc. cit.*, *Ethique*, 5e livr., t. II, p. 239. — Fichte, *Anleitung zum seligen Leben*. Berlin, 1806.

(2) Herbart, *Psychologie*, p. 91.

cette direction a été reçue. Tantôt la volonté agit au dehors par des mouvements alculés en vue d'atteindre le but désiré et auquel on se représente qu'on doit nécessairement arriver. Tout mouvement qui, ayant lieu sûrement et nécessairement, 'accompagne de l'idée d'un choix libre, et de cette autre idée qu'il a notre choix our cause, est volontaire. On peut se représenter qu'un mouvement spasmodique, e rire, par exemple, aura lieu certainement; mais il n'est pas volontaire pour ela ; car, bien que nos idées en soient la cause, il peut être accompagné d'un autre ouvement opposé, qu'accompagne l'idée d'un choix fait entre plusieurs, et qui eul porte le cachet de la volonté.

Que la volonté puisse produire sur-le-champ des mouvements, il n'y a là rien e plus surprenant qu'à voir une idée quelconque, par exemple celle du ridicule, u toute idée passionnée, déterminer des mouvements. La seule idée d'un mouvement déterminé suffit, quand la disposition à ce mouvement existe, pour le faire aître contre notre volonté, ce dont le bâillement et le rire fournissent des exemles. Il faut donc, pour qu'un mouvement parte de la volonté, qu'il soit provoqué ar l'idée que sa manifestation a lieu nécessairement, et que nous nous représenions notre moi comme en étant la cause.

Je termine cet aperçu sur les passions en faisant remarquer qu'elles sont, omme les simples idées, susceptibles de s'associer ensemble, de s'obscurcir réciproquement, de s'enchaîner. Beaucoup de prétendues passions ne sont en réalité que des enchaînements d'états passionnés, comme la jalousie et autres. On le comprendra sans peine en appliquant aux passions ce que j'ai dit des relations simples des idées entre elles (1).

SECTION III.

DU CONFLIT ENTRE L'AME ET L'ORGANISME.

CHAPITRE PREMIER.

Du conflit, en général, entre l'âme et l'organisme.

La relation qui existe entre l'âme et l'organisme peut être comparée, en général, au rapport qui a lieu entre une force générale quelconque et la matière dans laquelle elle se manifeste, par exemple entre la lumière et les corps dans lesquels

(1) *Cons.*, pour de plus amples détails, les traités de psychologie et les ouvrages dans lesquels la logique est présentée de concert avec la psychologie et la métaphysique, notamment : Aristote, *De anima.* — Spinosa, *Ethique.* — Herbart, *Lehrbuch zur Psychologie.* Kœnigsberg, 1834. — Stiedenroth, *Psychologie.* Berlin, 1824. — Beneke, *Lehrbuch der Psychologie.* Berlin, 1833. — Schubert, *Geschichte der Seele.* Stuttgardt, 1839.—Bobrik, *System der Logik.* Zurich, 1838. — Carus, *Vorlesungen ueber Psychologie.* Leipzick, 1831. — Flemming, *Beitræge zur Philosophie der Seele.* Berlin, 1830. — Cabanis, *Rapports du physique et du moral de l'homme*, huitième édition, avec les notes, par L. Peisse. Paris, 1844.

elle éclate. Le mode de connexion n'est pas moins énigmatique dans les deux cas. La lumière se manifeste dans les corps, tantôt par un simple changement mécanique de la matière qui les constitue, comme par l'effet de la compression ou d'un choc, tantôt par suite d'une modification qu'éprouve leur composition chimique. L'électricité apparaît également sous l'influence d'un changement matériel des corps, dans lesquels elle détermine à son tour des changements matériels. Les phénomènes intellectuels ont lieu dans les corps organisés aussi longtemps que la matière change, et eux aussi provoquent des changements dans cette matière. En effet, le germe, outre la force vitale qui lui est inhérente, contient encore l'aptitude latente aux phénomènes d'intelligence dont fera preuve l'être animal qui doit en provenir ; tant qu'une structure déterminée du cerveau ne s'est pas développée, l'action organique du germe demeure privée d'idées. L'établissement de la structure permet à la force déjà existante d'entrer en jeu : cette force ne tenant donc pas à la structure du cerveau, quant à sa cause première, elle n'en dépend qu'au point de vue de sa manifestation. Jusque-là le rapport entre les forces mentales et l'organisme n'est pas plus énigmatique que celui qui existe entre toute autre force de la nature et l'état matériel du corps, ou plutôt la difficulté de le concevoir est la même dans les deux cas. Le rapport entre les forces mentales et la matière ne diffère de la relation entre d'autres forces physiques et cette même matière qu'en ce que les forces mentales se déploient uniquement dans les corps organisés, en particulier chez les animaux, et ne se propagent qu'aux produits qui leur ressemblent, tandis que les forces physiques générales, auxquelles on donne aussi le nom d'impondérables, ont une sphère d'action bien plus étendue dans la nature. Cependant, comme les corps organisés eux-mêmes prennent leur racine dans la nature inorganique, puisque les animaux vivent d'animaux et de végétaux, et que les végétaux se nourrissent en partie de matières inorganiques, il demeure incertain si l'aptitude aux phénomènes intellectuels n'est pas inhérente à toute matière, aussi bien que les forces physiques générales, et si ce n'est pas seulement par l'effet des structures existantes qu'elle arrive à se manifester d'une manière déterminée.

Avant de nous livrer à l'examen du conflit entre l'âme et la portion non pensante de l'organisme, il faut présenter quelques considérations générales sur les éléments organiques tant de l'organisme entier que du cerveau, et sur les monades dans le sens de l'école philosophique.

Monades dans le sens des physiologistes.

Les éléments de l'organisation du cerveau ou de l'organe de l'âme tirent leur origine première de cellules, comme toutes les parties élémentaires du corps animal, et les cellules elles-mêmes proviennent toutes de la cellule primaire, c'est-à-dire du germe, qui contient la force du tout. Les cellules secondaires d'où les fibres musculaires, les fibres nerveuses, les fibres de tissu cellulaire, les fibres tendineuses, les cartilages, en un mot, toutes les parties constituantes des tissus se forment, soit par fusion de plusieurs cellules, soit par allongement de cellules en filaments, diffèrent de la cellule primitive, au point de vue de leur force productive, en ce que celle-ci contient implicitement la raison suffisante de la pro-

ıction de toutes les cellules secondaires, c'est-à-dire du tout (explicitement), ndis que les cellules secondaires ou les tissus ne produisent que leurs semblables. ı cellule de cartilage produit dans le tout organique de nouvelles cellules de car- age, tant au dedans qu'autour d'elle, la cellule cornée de nouvelles cellules rnées, la fibre musculaire de nouvelles fibres musculaires, la fibre nerveuse de uvelles fibres nerveuses, et rien de plus. On conçoit, d'après cela, qu'un nou- au tout ne peut se produire, comme cellule primitive ou germe, que par le con- urs de toutes les cellules diverses, en d'autres termes parce que la force du tout maintient intégralement la même dans toutes les molécules diverses de tissus, les domine toutes. Mais l'organisme, considéré dans son ensemble, est un sys- ne de particules jusqu'à un certain point indépendantes les unes des autres, ıi se complètent réciproquement de manière à constituer ensemble un seul tout, qui possèdent l'aptitude à produire leurs semblables; il se compose pour ainsi re de monades secondaires, ayant leur cause dans la monade primaire du germe, qui, par leur réunion, représentent explicitement cette monade, ou la cellule ı germe. Les différentes monades contenues dans ce tout possèdent, en vertu de ır structure et de leur matière, des forces diverses, de mouvement, de sentiment, nutrition, de sécrétion, c'est-à-dire que la structure qui leur est propre fait anifester en elles des forces naturelles différentes. De même, en vertu de la ucture et du conflit de ses molécules, comme masse de cellules en quelque sorte léguées (corpuscules ganglionnaires), et de fibres provenant de cellules, le cer- au est l'organe de la pensée, ainsi que les cellules et les fibres musculaires sont rgane du mouvement. Mais il ne faut pas s'imaginer pour cela que l'âme elle- ême soit composée de parties. L'accroissement du nombre de ces éléments n'a ıint d'influence sur la masse des idées: il en exerce seulement sur leur netteté, ır lucidité, leur combinaison, de même qu'une perte de substance cérébrale, r l'effet d'une plaie de tête, ne soustrait pas des masses d'idées, mais détruit la rté et la netteté des idées. Les diverses régions du cerveau auxquelles abou- sent les impressions reçues par les nerfs des sens, communiquent simultanément s idées différentes au *sensorium*. On entrevoit sans peine comment, les molécules tives du cerveau ne faisant qu'un, quant à leur forme primitive, tant ensemble t avec toutes les autres molécules organiques, puisque toutes naissent de cellules, s états excités en elles par les idées doivent agir sur les molécules du corps, et ux de ces dernières influer également sur elles: mais ce qui reste un mystère ur nous, c'est la manière dont ces molécules cérébrales agissent et réagissent ns la production des idées.

Je dois faire expressément remarquer que j'entends ici par monades, non des omes, mais les parties primitives organisées et périssables, dont tous les tissus ganiques sont originairement composés, d'après l'importante découverte de hwann, parties qui, bien qu'au service de la force plastique du germe, diffèrent s unes des autres eu égard à la matière et aux forces, et possèdent l'indépendance ı ce sens que, malgré la domination exercée sur elles par la puissance du tout ıi les englobe, elles n'en ont pas moins le pouvoir de produire en elles et hors elles leurs semblables, peuvent même continuer pendant quelque temps d'agir rès avoir été séparées du tout, réagissent les unes sur les autres, et assez sou- nt aussi se confondent ensemble pour former des structures composées, douées

d'une force similaire, comme la fibre nerveuse et la fibre musculaire : Mayer a le mérite d'avoir exprimé l'idée de molécules organiques actives, de monades organiques, longtemps encore avant que l'observation eût fait constater une similitude complète d'origine et de structure primitive entre tous les tissus. J'avais aussi une idée vague de cette doctrine lorsqu'en 1833 je cherchai à expliquer par la division du germe la régénération des polypes et planaires coupés en morceaux, et la production des monstres doubles. Purkinje s'est également trouvé conduit par ses recherches de fine anatomie à concevoir l'existence de particules élémentaires indépendantes au service de l'organisme. L'ouvrage de Schwann (1) fournit les matériaux nécessaires pour élever une théorie générale des êtres organisés.

Monades dans le sens des métaphysiciens.

Le sens que j'ai donné à l'expression de monades organiques diffère beaucoup de celui qu'Herbart y attache (2). Suivant ce métaphysicien, l'âme est un être simple, sans parties, sans étendue, sans pluralité, une monade, et la matière se compose d'atomes ou monades, c'est-à-dire d'êtres simples, actifs, sans étendue, qui existent dans l'espace, sans y former quelque chose de continu, et qui sont en équilibre d'attraction et de répulsion réciproques, ce qui leur fait acquérir l'apparence d'un corps possédant de l'étendue. La matière n'est impénétrable qu'à l'égard des êtres qui ne sont pas capables de modifier son équilibre d'attraction et de répulsion mutuelles. Tout être organisé est un système de monades, renfermant elles-mêmes un système d'états inférieurs qui proviennent de leur réciprocité d'action les unes sur les autres. Cette réunion, déterminée par la Providence, est la cause de la forme d'un corps organisé. Dans le germe, il y a concentration du système entier des états intérieurs, sans la configuration correspondante. Le conflit entre l'âme et le corps est donc une action exercée par une monade pensante sur les états intérieurs des autres, et *vice versa*. La monade qui conçoit les idées, et qui, à l'instar de toutes les monades d'Herbart, ne peut être considérée que comme un point mathématique, n'a pas besoin d'un siége fixe dans le cerveau : elle peut se mouvoir dans un certain espace, sans qu'elle-même ait le moindre soupçon de ce mouvement dans ses idées, et sans que l'anatomie en puisse faire découvrir aucune trace ; mais la variabilité de son siége peut être regardée comme une hypothèse très féconde pour expliquer les anomalies de l'esprit. Herbart fait remarquer, en outre, qu'on n'aurait aucun motif d'admettre que le siége de l'âme est le même chez les animaux et chez l'homme. Il est probablement établi dans la moelle épinière chez les animaux, ceux surtout des classes inférieures. Mais il ne faut pas non plus supposer que chaque animal n'a qu'une seule âme. Le contraire est vraisemblable pour ceux qui, après avoir été coupés, continuent de vivre dans chacun des segments, et il se pourrait très bien que le système nerveux de l'homme renfermât beaucoup d'éléments dont la constitution fût très supérieure à l'âme des

(1) *Mikroscopische Untersuchungen ueber die Uebereinstimmung in der Struktur und im Wachsthum der Thiere und Pflanzen.* Berlin, 1838.

(2) *Lehrbuch zur Psychologie*, p. 122, 135.

animaux appartenant aux basses classes. Au reste, la vie persiste pendant quelque temps sans âme dans les parties qui ont été séparées du tout organique.

Bobrik (1) prend également cette doctrine pour point de départ, et il l'applique d'une manière très conséquente à l'explication des phénomènes organiques. Pour lui l'unité, la totalité et l'adaptation au but proposé pénètrent la mobilité des forces vitales, il y a nécessité, suivant lui, d'une monade dominante, qui réunisse en un système les agrégations de monades préparées à la mobilité organique. Cette monade dominante est la forme, au sens propre. Parmi les différentes parties qui se développent graduellement, il s'en trouve quelques unes qui atteignent une telle perfection d'états intérieurs qu'elles peuvent devenir elles-mêmes les formes de nouveaux organismes futurs, ou les semences pour la propagation.

Si l'on appliquait cette doctrine aux corpuscules actifs ou parties élémentaires organiques des corps organisés, chacun de ces corpuscules serait, dans le corps organique, un système d'atomes actifs, susceptible de se produire et de se détruire, c'est-à-dire n'ayant qu'une durée limitée, sans cependant que les atomes actifs (monades dans le sens d'Herbart) fussent destructibles.

Manifestation de l'âme dans l'organisation du cerveau.

L'hypothèse d'Herbart, relativement aux monades et à la matière, explique l'action de l'âme sur la matière, sans que cette âme soit elle-même matière, puisqu'il ne s'agit là que d'un être simple agissant sur d'autres êtres simples. Mais, quand on cherche à expliquer la formation dans la monade mentale d'idées d'objets qui occupent de l'étendue dans l'espace, en conséquence de changements survenus dans des parties de l'organisme, et l'action de cette même monade sur des sommes entières de fibres organiques, on rencontre des difficultés insolubles. Le problème de tous les temps a été de concevoir comment l'affection de parties du corps occupant une certaine position relative, par exemple celle des particules de la rétine rangées les unes à côté des autres, peut procurer à l'âme, qui est simple et non composée des parties, la perception d'objets ayant de l'étendue dans l'espace et une forme particulière. En effet, pour ce qui concerne la vue, toute perception d'objets ayant de l'étendue dans l'espace dépend de ce que les différents points de la rétine

$$\begin{matrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & k & l & m \end{matrix}$$

sont perçus avec les mêmes relations de contiguïté que celles qui existent réellement entre deux. La difficulté est la même quand on prend le toucher pour exemple; car la faculté de distinguer, au moyen de ce sens, la contiguïté des choses extérieures, c'est-à-dire leur forme et les autres qualités dont elles sont redevables à leur étendue dans l'espace, ne nous appartient que parce que le toucher nous procure la perception de la contiguïté des parties de notre propre corps. L'appareil

(1) *System der Logik*. Zurich, 1838.

tout entier de la vue est calculé pour que la situation relative des objets placés à distance de nous soit exactement représentée sur la surface étendue de la rétine. Mais, si l'âme est une substance qu'on ne puisse concevoir que comme un point mathématique, n'ayant rien à faire avec l'espace, comment l'idée d'objets placés à côté les uns des autres ressort-elle de l'affection simultanée de certains points contigus de la rétine? On peut sans doute imaginer qu'une pareille monade reçoive en quelque sorte des impulsions de tous côtés, et que des impulsions qui lui sont données par d'autres monades résulte l'idée de position dans l'espace; mais rien, dans l'organisation du cerveau, ne nous autorise à supposer que toutes les impressions reçues par les sens se concentrent ainsi en un point unique. Ce qu'il y aurait de plus simple, en admettant l'hypothèse d'Herbart, serait de dire que nous ne pouvons, à l'aide de notre corps, obtenir aucune sensation de contiguïté ou de position, et c'est effectivement ce qu'on a fait plus d'une fois. Steinbuch (1) refusait aux sens la faculté de nous procurer la notion de l'espace, et prétendait que le mouvement seul pouvait nous la fournir. La rétine, disait-il, ne perçoit pas la relation de contiguïté ou de position dans ses particules, et cette perception nous vient par les mouvements des muscles oculaires. Un point éclairé de la rétine devient une ligne lumineuse par la contraction d'un muscle dont nous avons la conscience, et, pour que d'autres parties de la rétine soient éclairées, il faut d'autres degrés de contraction des muscles. Ainsi ce qui est différence d'espace sur la rétine en devient une de temps, eu égard aux contractions qui sont nécessaires pour exposer différentes parties de la rétine l'une après l'autre à une même lumière. Tous les points de la rétine sont en relation avec certains degrés de contraction des muscles oculaires, et de là résulte que, par l'effet de l'éducation, l'illumination et la sensation de points particuliers de la membrane sont liées tacitement à la conscience des degrés de contraction qui correspondent à ces points. Cependant, lorsqu'on pousse plus loin l'analyse de cette hypothèse, on s'aperçoit qu'elle suppose une chose complétement impossible; car, si les points de la rétine ne diffèrent pas de nature à l'égard les uns des autres, il n'y a pas moyen non plus qu'on les reconnaisse pour distincts, et, sans une différence dans la qualité de leur sensation, il n'est pas possible qu'aucun *quantum* de contraction se combine, dans la mémoire, avec une particule de la rétine. Effectivement Tourtual, qui nie la sensation immédiate de l'étendue de l'organisme, admet que l'âme reçoit de toutes les parties du corps des sensations qui diffèrent quant à la qualité, et que de là naît la possibilité pour nous de distinguer ces parties les unes des autres. Mais, si l'on réfléchit qu'un animal nouveau-né reçoit sur-le-champ, par le sens de la vue, des intuitions de position et de forme, puisqu'il se dirige vers la mamelle de sa mère, je crois qu'on ne saurait contester qu'avant toute éducation l'espace peut être perçu, comme tel, dans la rétine. Cependant, si l'âme est capable de distinguer la contiguïté ou la position relative des diverses parties du corps, on ne conçoit pas comment cette faculté appartiendrait à une monade qui n'occupe qu'un point. Quand bien même la monade pourrait aller et venir d'une partie à l'autre de la rétine, et par ses excursions en tous sens se former une somme des changements qu'elle-même aurait subis pendant leur cours, cependant l'hypothèse ne se concilierait pas bien avec l'exis-

(1) *Beitrage zur Physiologie der Sinne.* Nuremberg, 1811.

ence simultanée de plusieurs parties dans une sensation, avec la possibilité de ercevoir immédiatement l'étendue, déterminée en surface, d'une sensation. L'opi-ion la plus probable serait que l'âme est présente à la fois dans toutes les parties u cerveau, sans pour cela être composée elle-même de parties, et que c'est par a présence générale qu'elle aperçoit les différences de forme et de position dans es impressions faites sur les sens. Mais il faut bien nous garder de voir là une xplication; car nous n'en demeurons pas moins hors d'état de comprendre com-ment les parties matérielles contiguës des organes sensoriels, qui, dans tous les as, sont la cause de toute intuition d'espace en ce qui concerne les sensations rocurées par les sens, peuvent être distinguées les unes des autres par l'âme. Quand bien même on supposerait que les particules matérielles contiguës de la sub-tance sentante des organes sensoriels sont représentées dans l'âme comme des oints qui se repoussent mutuellement, ce ne serait là qu'une image, une expres-ion figurée, et la conversion des particules organisées en idées serait tout aussi ifficile ou impossible à concevoir que la relation entre l'âme et l'organisation en énéral.

Il est facile de trancher le nœud en disant que l'organisation et la pensée ne sont qu'une même chose sous des noms différents, que la matière et l'esprit ne sont que des manières diverses d'envisager une seule et même chose, et qu'en réalité il n'y a point de différence entre eux. Mais le cerveau demeure toujours une pluralité de parties organisées; à cet égard, il a un mécanisme extrêmement compliqué, qui, nullement nécessaire pour l'état latent de l'âme dans le germe, l'est pour les effets qu'elle doit produire dans l'organisation, et il n'y a aucun moyen pour nous de concevoir comment l'âme se sert de ce mécanisme si compliqué à la fois et si délicat.

Si j'ai essayé de répandre quelque lumière sur les choses qui sont hors du do-micile des investigations physiologiques, et dont il appartient à la philosophie, en supposant qu'on puisse jamais y parvenir, de nous donner une idée claire, c'est qu'il m'a semblé que la physiologie ne doit pas renoncer à analyser, autant qu'il est en elle, les questions qui se lient au domaine d'autres sciences, et qu'elle est tenue de soumettre au creuset de la critique les résultats des recherches spécula-tives qui tendent à nous rapprocher de la vérité. Je profite de l'occasion pour m'en référer encore aux systèmes cosmologiques dont j'ai donné un court aperçu au commencement de cette section ; ces systèmes et la monadologie philosophique qui vient après eux, complètent le cercle des conceptions les plus générales auxquelles il soit possible de s'élever touchant de semblables objets (1).

(1) Je mets sous les yeux du lecteur une théorie subjective du cerveau, due à M. Auguste Comte, destinée à remplacer l'admirable, mais tout à fait insuffisante, théorie de Gall, et pu-bliée sous le titre de :

Classification positive des dix-huit fonctions intérieures du cerveau, ou tableau systématique de l'âme.

L'ensemble de ces dix-huit organes cérébraux constitue l'appareil nerveux central, qui, d'une part, stimule la vie de nutrition, et, d'une autre part, coordonne la vie de relation en liant ses deux sortes de fonctions extérieures. Sa région spéculative communique directement avec les nerfs sensitifs, et sa région active avec les nerfs moteurs. Mais sa région affective n'a de con-

CHAPITRE II.

Des phénomènes du conflit entre l'âme et l'organisme.

Dès que la structure du cerveau a été produite par la force du germe, et que les sens entrent en action, il commence à se développer des idées, ou des effets de l'âme, et, de même qu'on peut dégager de la lumière d'un corps en le percutant ou lui faisant subir un changement d'état, de même les phénomènes intellectuels varient en raison des changements qui surviennent dans l'organisation et la matière du cerveau. D'un autre côté, les opérations de l'esprit, quoiqu'elles suivent en quelque sorte pas à pas l'organisation du cerveau, peuvent également déterminer des changements dans l'organisation et la matière constituante de ce viscère, et par suite aussi dans celles des autres parties vivantes du corps sur lesquelles s'exerce sa domination. Les idées simples ou générales ne sont pas composées de parties, mais elles se développent néanmoins dans la matière organisée, qui est divisible, et leur clarté dépend absolument de la condition de cette matière divisible.

Il suit de là que tous les effets de l'âme sur l'organisme tiennent immédiatement à l'influence qu'elle exerce sur l'organisation cérébrale, au moyen de laquelle seule elle peut passer de l'état latent à l'actualité ; qu'ils s'étendent, par une sorte

nexités nerveuses qu'avec les viscères végétatifs, sans aucune correspondance immédiate avec le monde extérieur, qui ne s'y lie qu'à l'aide de deux autres régions.

AIMER, PENSER, AGIR (AGIR PAR AFFECTION, ET PENSER POUR AGIR).

Principe.

10 MOTEURS AFFECTIFS (penchants ou sentiments).	7 personnels.	INTÉRÊT...	Instincts de la conservation	de l'individu, ou *instinct nutritif*.	Égoïsme.	IMPULSION (le cœur). Déterminement d'énergie, accroissement de dignité d'arrière en avant, ou de bas en haut.
				de l'espèce, *instinct sexuel*...		
				de l'espèce, *instinct maternel*..		
			Instincts de perfectionnement	par destruction, ou *instinct militaire*..............		
				par construction, ou *instinct industriel*............		
		AMBITION..		Temporelle, ou Orgueil, besoin de domination........		
				Spirituelle, ou Vanité, besoin d'approbation.........		
	3 sociaux.	Spéciaux...		ATTACHEMENT....................	Altruisme.	
				VÉNÉRATION....................		
		Général...		BONTÉ, ou amour universel (sympathie), *humanité*....		

Moyen.

5 FONCTIONS INTELLECTUELLES.	CONCEPTION.	Passive, ou Contemplation, d'où matériaux objectifs.	Concrète, ou relative aux êtres, essentiellement *synthétique*.	CONSEIL (l'esprit). (Savoir pour prévoir, afin de pourvoir.)
			Abstraite, ou relative aux événements, essentiellement *analytique*.	
		Active, ou Méditation, d'où constructions subjectives.	Inductive, ou par comparaison, d'où *Généralisation*.	
			Déductive, ou par coordination, d'où *Systématisation*.	
	EXPRESSION.	Mimique, orale, écrite, d'où *Communication*...............		

Résultat.

3 QUALITÉS PRATIQUES.	ACTIVITÉ.	Courage....	....	EXÉCUTION (le caractère).
		Prudence...		
	FERMETÉ, d'où *Persévérance*.........................			

É. L.

'irradiation, de cet organe au reste du corps, et que chaque organe, en tant qu'il eut agir sur le cerveau, par ses nerfs et par le sang qu'il reçoit, doit influer aussi ur les idées et sur la conception des idées.

Cette influence matérielle du corps peut être excitante ou déprimante, c'est-à-ire qu'elle peut favoriser ou entraver la conception des idées. On conçoit qu'il lui oit impossible de produire autre chose que des idées de sensations ; mais, en tant ue les changements locaux des organes du corps provoquent les sensations du laisir et de la peine, ou de l'impulsion physique de ces mêmes organes, et les lées d'expansion, de restriction, de désir, qui s'y rattachent, il est évident que la isposition à un état passionné quelconque peut être entretenue par un organe ranger au cerveau.

Influence des états du corps sur les idées et les penchants.

L'excitation de certains états organiques du cerveau par le sang artériel est une ondition nécessaire de l'activité de l'âme. Une saignée copieuse détermine la syn-ope et la perte de connaissance. Mais la qualité du sang influe aussi sur la concep-on des idées. Le plus ordinaire de tous les changements que peuvent subir les anifestations de l'âme est l'effet de la nourriture. Les aliments font entrer en cir-ulation une quantité de matière encore grossière ; tant que cette matière n'est oint complétement assimilée, tant qu'elle conserve quelque chose de son carac-ère étranger, elle n'est point, lorsqu'elle arrive au cerveau avec le sang, un agent onvenable pour exciter les états de cet organe nécessaires à la vie intellectuelle, et influence qu'elle exerce sur lui devient un obstacle au libre déploiement de l'ac-vité de l'âme : c'est ce qui fait que certaines personnes sont, après leurs repas, eu aptes aux travaux de cabinet. Le trouble devient plus marqué encore lorsque s états organiques du cerveau sont modifiés matériellement par des altérants ner-ins, des spiritueux ou des narcotiques. Quelques sécrétions et excrétions, par xemple la bile et l'urée, sont également impropres à provoquer les états organi-ues du cerveau : ainsi la bile, quand elle pénètre dans le sang, ce qui constitue ictère, non seulement gêne le libre exercice des facultés intellectuelles, mais ncore détermine en général de l'abattement, à cause de l'obstacle qu'elle met u développement des états organiques qui ont de l'influence sur le sentiment de oi-même.

Une seconde source de désordres causés dans l'âme par les changements du erveau, est l'action que les états des autres organes exercent sur ce dernier par e moyen des nerfs. Toute partie du corps qui entretient des relations vives de ympathie avec les organes centraux peut, quand elle vient à être violemment xcitée, déterminer une excitation vive dans le cerveau, et par suite dans l'âme, ou, si son action diminue, produire une diminution du pouvoir de l'âme, ce qui ntraîne le délire ou l'état soporeux. Le caractère se ressent aussi des influences le ce genre, car une gêne prolongée des fonctions d'organes importants dispose à a mauvaise humeur et à l'abattement, qui ne sont autre chose qu'un état de con-rainte de l'âme. Les organes chargés des transformations chimiques de la matière gissent de deux manières sur l'âme, d'abord en modifiant les états des organes entraux, au moyen des nerfs qui les unissent à ces appareils, puis en changeant

la constitution du sang, et, à ce dernier point de vue, la nature du changement matériel a une grande importance. De là vient que les viscères du bas-ventre se distinguent de tous les autres par l'influence durable que leurs maladies chroniques exercent sur les dispositions morales. Je me suis cependant attaché ailleurs à bien établir que ce n'est point en eux qu'il faut aller chercher le siége de passions déterminées.

Il y a aussi des organes de l'état desquels dépend la naissance de certaines passions qui ont trait à leurs fonctions : tels sont les parties génitales et l'estomac. Ces organes excitent des sensations particulières, et font naître dans l'âme des idées de choses qui complètent en quelque sorte le moi, quand il manque quelque chose à son intégrité. Mais l'idée de ce qui complète et agrandit l'état du moi détermine, à son tour, des courants du principe nerveux vers ces organes déterminés; car, ainsi qu'on l'a vu précédemment, l'idée d'un état qui peut être réalisé par tel ou tel organe détermine un courant vers cet organe, que ce soit un muscle ou une glande. De cette manière, la disposition à la passion de l'amour naît de l'état des parties génitales et de celui de la moelle épinière, qui sert d'intermédiaire entre cet appareil et le cerveau. Quand les parties génitales et la moelle épinière éprouvent toutes deux une certaine tension, il se manifeste des penchants qui produisent certains ordres d'idées. L'action des organes stimule la faculté de concevoir, comme l'exercice de cette faculté excite à son tour les organes. Sans la puissance des organes, les idées dont il s'agit demeurent inertes, et ne provoquent point les états organiques. Le mode de nourriture, par l'action qu'il exerce sur les organes, influe aussi sur les états passionnés qui se manifestent; c'est ce dont les aphrodisiaques nous fournissent un exemple.

Enfin l'état du système nerveux tout entier et le degré d'excitabilité, la facilité avec laquelle les impressions se propagent, ont aussi une grande influence sur le mode des émotions, des penchants; car, lorsqu'une excitation se propage très rapidement dans les nerfs, et laisse plus rapidement encore après elle un état d'épuisement, on est plus prédisposé aux affections dans lesquelles le moi paraît subir un changement et un affaiblissement subits et violents, par exemple à l'anxiété, à la crainte, à la frayeur, au découragement. Quand le contraire a lieu, et que le système nerveux conserve son énergie à la suite d'une excitation, toute stimulation brusque laisse après elle un sentiment de courage et de persévérance. De même les animaux présentent des dispositions différentes dans leurs états organiques, suivant qu'ils sont timides ou hardis, lâches ou courageux. Chez l'homme, ces dispositions changent avec l'état des organes, de sorte qu'un individu résolu et de sang-froid peut éprouver un tel changement de caractère, par suite d'un état passager de son système, qu'une émotion inopinée lui inspire de la frayeur, comme elle ferait à une personne timide de sa nature, tandis que le repos et un verre de vin inspirent du courage à un homme habituellement timide.

Ce qui affecte au plus haut degré la vie de l'âme, c'est le changement immédiat des états organiques du cerveau, par exemple l'inflammation, la conformation vicieuse, la compression. Tous les états d'irritation du cerveau déterminent le délire; tout ce qui gêne les fonctions de cet organe, compression ou vice de conformation, donne lieu au vertige, à la somnolence, ou même à la perte de la conscience: c'est ce qui fait que des phénomènes semblables sont le résultat des changements

natériels les plus variés, de tubercules, d'un épanchement de pus, de sang ou de érosité. La pression que le sang exerce dans les vaisseaux produit le même effet u'une compression exercée du dehors, et engendre le vertige. Du reste, l'inani- on agit absolument de la même manière que la compression.

Les changements immédiats du cerveau lui-même entraînent bien plus souvent altération de la pensée que celle des passions. Une passion déprimante suppose ncore un certain degré de vivacité des idées qui entretiennent cette passion, et en de semblable n'est plus possible quand il y a lésion organique du cerveau, de rte que celle-ci entraîne de préférence une altération de la faculté de produire s idées. Les états organiques qui entretiennent la conception ont incontestable- ent lieu dans le cerveau lui-même; mais les éléments qui entretiennent les pen- ants sont dispersés dans l'organisme entier.

Influence des idées et des passions sur l'organisme.

L'influence des idées sur l'organisme ouvre un riche champ de phénomènes riés, qui touchent au merveilleux. En général, on peut dire qu'un état de l'or- nisme que l'âme conçoit comme devant avoir lieu prochainement, qu'elle attend toute assurance, avec pleine et entière confiance, est très enclin à se produire la suite d'une pareille idée, pourvu seulement qu'il ne dépasse point les bornes possible. Le seul exemple que je citerai est celui d'une dame dont parle Pictet, laquelle, pour éprouver l'empire de l'imagination, on fit respirer de l'air atmos- érique au lieu de gaz protoxyde d'azote : à peine eut-elle fait deux ou trois inspi- tions, qu'elle tomba en syncope, ce qui ne lui était encore jamais arrivé; mais le reprit bientôt connaissance (1). Lorsque les effets des idées sont accompagnés altération des affections, ils s'étendent, en général, dans toutes les directions, sur s sens, les mouvements et les sécrétions. Mais les idées même les plus simples les plus étrangères aux passions peuvent donner lieu aux effets organiques les us prononcés, comme je le prouverai dans les paragraphes suivants.

Influence des idées sur les sens; hallucinations.

Les hallucinations (2) sont des perceptions de sensations qui dépendent de causes ternes, sans objet excitateur extérieur, et qui portent le caractère de l'énergie opre à chaque sens spécial. On les a quelquefois confondues avec les idées, et gardées comme des idées à la vérité desquelles l'individu croit. Mais, si la per- nne atteinte d'hallucinations croit à leur réalité, c'est précisément parce qu'elles t lieu dans les sens, qu'elles se produisent avec la vérité des phénomènes senso- ls eux-mêmes, et d'ailleurs il n'entre nullement dans leur essence qu'on croie à ur réalité. Croire à la réalité de simples idées, serait une erreur de l'entendement. r on peut avoir une hallucination qui ne diffère pas d'une véritable sensation point de vue de l'intensité, qui soit même accompagnée de la perception

(1) *Biblioth. britann.*, t. XVII.

(2) Esquirol, *Des maladies mentales.* Paris, 1838, t. I, p. 159. — Brierre de Boismont, *s hallucinations, ou Histoire raisonnée des apparitions, des visions, des songes, de l'ex- e*, etc. Paris, 1845.

d'une couleur ou d'un son, sans cependant qu'on croie à sa réalité. La fausse opinion contraire qu'on s'est faite de ces phénomènes tient à ce qu'on les a principalement étudiés chez les sujets atteints d'aliénation mentale. C'est pourquoi je crois préférable de les désigner sous le nom de *visions*, du moins quand ils ont trait à l'organe de la vue ; car ce sont réellement des états du sens de la vue, dans lequel ils ont un fondement aussi vrai que toutes les visions objectives excitées par des objets extérieurs. Dans les sensations visuelles dues à des causes objectives, on a déjà occasion de remarquer que, quand certains points de la rétine sont plus vivement affectés, certaines parties des images ont aussi plus de netteté, attendu que, pour s'exprimer comme on a coutume de le faire, l'attention analyse l'une après l'autre les diverses parties de l'image totale, c'est-à-dire de la rétine.

Nous pouvons, même sans éprouver aucune sensation actuelle, nous figurer des lignes, des contours, et par conséquent des figures, dans le champ obscur qui nous apparaît lorsque nous fermons les yeux. Il semble que cet effet soit dû à ce que l'image se dessine dans certaines parties de la rétine. L'image qu'on se représente ici n'a ni lumière ni couleur ; car, pour qu'elle parût lumineuse ou colorée, il faudrait que les particules de la rétine fussent, non pas dans l'état de repos, mais dans l'état d'action, duquel dépendent la lumière et les couleurs. Cependant cette production de figures incolores dans le champ visuel est parfois tellement vive, que les contours qui ont été observés pendant longtemps se reproduisent avec une grande netteté ; que, par exemple, nous voyons renaître l'image commémorative des formes que nous avons observées soigneusement au microscope, quoique fréquemment plusieurs heures se soient écoulées entre l'observation réelle et le retour de l'image. Mais ce ne sont pas seulement des contours de choses vues qui se reproduisent dans le champ visuel : il s'y produit aussi de nouvelles configurations, quoique l'œil soit exempt de toute impression objective. L'imagination donne souvent lieu à ce phénomène chez les enfants, lorsqu'ils se trouvent dans l'obscurité, où leur champ visuel se remplit de figures et de formes effrayantes, dont les contours seuls sont dessinés, et qui n'ont ni lumière ni couleur. Tous ces phénomènes paraissent résulter d'une réciprocité d'action entre le *sensorium* et la rétine.

Il arrive rarement chez les personnes en santé, mais assez fréquemment chez les malades, que ces sortes d'images sont colorées et lumineuses, et que les particules de la rétine ou du nerf optique et des prolongements de ce nerf vers le cerveau, sont conçues comme se trouvant dans un état déterminé d'action. Ce sont là les hallucinations proprement dites, qui ont lieu dans le sens de l'ouïe et dans les autres sens, tout aussi bien que dans celui de la vue. Ce qui se passe alors est l'inverse de ce qui a lieu pour les phénomènes de vision ayant trait à des objets extérieurs : ici les parcelles de la rétine sont conçues les unes à côté des autres dans un état actif ; là, au contraire, c'est une idée conçue qui détermine les états de ces parcelles et du nerf optique. L'action que l'organe matériel de la vision, qui a de l'étendue dans l'espace, exerce sur l'âme, et d'où résulte l'idée d'un objet ayant lui-même de l'étendue, n'est pas moins surprenante que l'idée d'un objet étendu sur l'organe visuel, de sorte que les hallucinations de la vue ne sont pas plus en droit que la vision ordinaire de nous causer de l'étonnement.

Les états dans lesquels ce phénomène a été observé sont les suivants :

1° Immédiatement avant de s'endormir, pendant la veille, et dans l'état intermédiaire entre le sommeil et la veille. Qui ne se rappelle les images fortement dessinées qui flottent devant les yeux avant qu'on s'endorme, la clarté qui parfois apparaît alors dans ces organes, quoiqu'ils soient fermés, les apparitions et des métamorphoses si souvent brusques de ces images, les sons qu'on entend souvent tout à coup, sans nulle cause extérieure, comme si quelqu'un nous parlait à haute voix dans l'oreille (1)? En s'observant soi-même avec attention, on demeure bientôt convaincu que ce ne sont pas là de simples idées, et qu'il y a réellement des sensations. Quiconque peut encore s'observer au moment de s'endormir, parviendra quelquefois à saisir les images avant qu'elles se soient évanouies de l'œil. Mais la chose a lieu aussi chez celui qui se trouve éveillé, dans une chambre obscure; car il n'est pas rare qu'on se surprenne alors ayant dans les yeux des images claires de paysages ou autres objets semblables. Aristote avait déjà fait cette remarque (2), Spinosa aussi (3), Gruithuisen également. J'ai été autrefois fort sujet à ce phénomène, pour lequel j'éprouve aujourd'hui moins de disposition; mais j'ai contracté l'habitude, toutes les fois qu'il se représente, d'ouvrir les yeux sur-le-champ, et de les diriger sur la muraille : les images persistent encore pendant quelque temps, et ne tardent pas à pâlir; on les voit là où l'on tourne la tête, mais je ne les ai pas vues se mouvoir avec les yeux. D'après les informations que j'ai coutume de prendre chaque année auprès de mes élèves, j'ai acquis la conviction que, proportion gardée, il y en a très peu qui connaissent ce phénomène, un ou deux sur des centaines. Cependant je suis persuadé que cette proportion est plus apparente que réelle, et que l'observation réussirait chez beaucoup de personnes, si elles apprenaient à s'observer en temps utile. Du reste, nul doute non plus que le phénomène n'arrive point chez une multitude d'hommes; moi-même je suis quelquefois des mois entiers sans l'éprouver, tandis que j'y étais fort sujet dans ma jeunesse. Jean-Paul recommandait d'observer les fantômes qui apparaissent avant qu'on s'endorme, comme un moyen de s'endormir réellement.

2° Il a été prouvé précédemment que les images qu'on voit en songe sont des phénomènes du même genre; car celles qui continuent de flotter devant les yeux au moment du réveil ne diffèrent pas de celles qu'on apercevait pendant la durée même du rêve (4). Les aveugles rêvent parfois aussi d'objets lumineux (5).

Les hallucinations dont il a été question jusqu'ici se présentent chez tous les hommes pendant l'état de pleine santé.

3° Les maladies dans lesquelles on les observe fréquemment sont la fièvre, l'irritation du cerveau, l'encéphalite (même pendant quelque temps encore chez les convalescents), le narcotisme, le délire, l'épilepsie (6). Nicolaï, pendant le cours d'une fièvre intermittente dont il était atteint, apercevait, dès avant la période de

(1) *Voy.* l'exposition détaillée de ces états dans Moritz et Pockel, *Magazin der Erfahrungsseelenkunde*, t. II, p. 88. — Nasse, *Zeitschrift fuer Anthropologie*, t. III, p. 166. — Mueller, *Ueber die phantastischen Gesichtserschseinungen*, p. 20.

(2) Dans son *Traité des songes*, c. 3

(3) *Opera posthuma*, epist. 30.

(4) *Comp.* la préface que Gœthe a mise en tête de sa *Farbenlehre* et les excellentes remarques de Gruithuisen sur les images vues en songe, dans sa *Physiognosie*, p. 236.

(5) *Comp.* Hermann, dans Ammon's *Monatsschrift*, 1838.

(6) Richerz, dans Muratori, *Ueber die Einbildungskraft*. Leipzick, 1785, p. 123.

froid, des images colorées, moins grandes de moitié que nature, et qui semblai être comprises dans un cadre : c'étaient des paysages, des arbres, des rochers; qu'il fermait les yeux, un changement quelconque s'opérait, et certaines figu disparaissaient, pour faire place à d'autres; en rouvrant les yeux, il ne voy plus rien. Des fantômes lumineux accompagnent aussi l'inflammation du n optique. Lincke (1) cite un cas remarquable de ce genre; les hallucinations eur lieu après l'extirpation d'un œil, durant la période inflammatoire. On cite ég ment (2) une femme aveugle qui se plaignait de voir passer devant ses yeux images lumineuses, offrant des couleurs sinistres. Ces deux derniers faits pro vent que la rétine n'est point nécessaire à la production du phénomène, et que parties internes de la substance essentielle du sens de la vue suffisent à faire nai des fantômes lumineux, de même que les anciens observateurs parlent d'éclu que déterminait la compression exercée sur le cerveau après l'opération du t pan. Esquirol a observé des hallucinations chez une personne maniaque, après mort de laquelle les nerfs optiques furent trouvés atrophiés depuis l'œil jusqu' chiasma.

Les fantômes qui ont lieu dans le délire, l'encéphalite, l'irritation cérébrale le narcotisme, persistent même lorsque le sujet tient ses yeux ouverts, et ils combinent avec les impressions que les objets extérieurs font sur les sens.

Une simple excitation cérébrale, sans délire, est cause des fantômes qu'ap çoivent ceux auxquels on donne le nom de *visionnaires*. Suivant la direction l'esprit, ces fantômes sont agréables ou effrayants, et ils rappellent les formes d'ê ou vivants ou morts. Ici se rapporte le phénomène de la *seconde vue*, chez l peuples du Nord. Il est possible que la vision apparaisse les yeux étant ouver et que les impressions reçues par les sens, de la part des objets extérieurs, s mêlent avec les créations du cerveau, ou que ces impressions semblent ne pe qu'à travers le voile des images enfantées par le sujet lui-même. Les uns voi des personnages étrangers, les autres aperçoivent leur propre forme; suivant degré d'instruction du visionnaire, il croit à la réalité de ses visions, ou les regar comme des états maladifs de son *sensorium*.

Un visionnaire de la première espèce est méconnu tant par lui-même que p la multitude superstitieuse, et par ceux qui le croient fou. Comme il ne sait p reconnaître les effets de ses propres sens, son intelligence se trouve par cela mi au-dessous des prédispositions que la nature avait mises en lui.

Nicolaï et la personne dont parle Bonnet étaient des visionnaires de la seco espèce. L'homme de Bonnet, personnage considéré, jouissait d'une santé parfai d'un bon jugement, d'une mémoire excellente; éveillé, mais ne recevant aucu impression du dehors, il apercevait de temps en temps des figures d'hom d'oiseaux, de voitures, d'édifices, qui s'agitaient devant lui ; parfois les tapis de chambre lui semblaient changer tout à coup. Les visions faisaient sur lui une im pression tout aussi vive que les objets eux-mêmes. Il appréciait très bien sa situ tion, et savait redresser ses premiers jugements.

Les visions célèbres de Nicolaï commencèrent en 1791, après l'omission d'u

(1) *De fungo medullari oculi.* Leipzick, 1834.
(2) *Berliner Monatsschrift*, 1800, p. 253.

aigrée et d'une application de sangsues, dont il avait contracté l'habitude pour cause d'hémorrhoïdes. Tout à coup, après une vive émotion, il aperçut devant lui la forme d'une personne morte, et le même jour il lui passa devant les yeux diverses autres figures, ce qui se répéta les jours suivants. Les visions étaient involontaires, et il ne pouvait pas faire naître à la volonté l'image de telle ou telle personne. La plupart du temps aussi, les fantômes représentaient des personnages inconnus. Ils se montraient le jour comme la nuit, et revêtus de couleurs, mais plus pâles que celles des objets naturels. Au bout de quelques jours, ils commencèrent aussi à parler. Un mois après le début de cette affection, des sangsues furent posées au siége : le même jour, les figures pâlirent, et devinrent moins mobiles ; elles finirent par s'effacer au point que Nicolaï n'aperçut plus que pendant quelque temps certaines parties de quelques unes d'entre elles (1). Gœthe, pour se venger de quelques désagréments que lui avait causés le célèbre libraire, l'introduisit, comme proctophantasmiaste, dans la scène du Blocksberg de son Faust, particularité qui n'est sans doute connue que d'un très petit nombre de personnes.

Le cas le plus rare est celui d'un individu qui, parfaitement sain de corps et d'esprit, a la faculté, en fermant les yeux, d'apercevoir réellement les objets qu'il lui convient de voir. L'histoire ne cite qu'un petit nombre d'exemples de ce phénomène. Tels ont été Cardan et Gœthe.

Gœthe dit : « Lorsque je fermais les yeux et qu'en baissant la tête je me figurais voir une fleur dans le milieu de mon organe visuel, cette fleur ne conservait pas un seul instant sa forme première : elle se décomposait aussitôt, et de son intérieur naissaient d'autres fleurs à pétales colorés ou parfois verts ; ce n'étaient pas des fleurs naturelles, mais des figures fantastiques, régulières cependant, comme des rosaces des sculpteurs. Il m'était impossible de regarder fixement cette créature, mais elle durait tant que je voulais, sans croître, ni diminuer. De même, lorsque je me figurais un disque chargé de couleurs variées, je voyais continuellement naître du centre vers la périphérie des formes nouvelles comparables à celles que fait apercevoir un kaléidoscope. »

J'ai eu l'occasion, en 1828, de m'entretenir avec Gœthe sur ce sujet, qui avait un égal intérêt pour nous deux. Sachant que, quand j'étais tranquillement étendu dans mon lit, les yeux fermés, sans cependant dormir, j'apercevais fréquemment des figures que je pouvais très bien observer, il était fort curieux d'apprendre ce que j'éprouvais alors. Je lui dis que ma volonté n'avait aucune influence sur la production ni sur les métamorphoses de ces figures, et que jamais je ne distinguais rien de symétrique, rien qui eût le caractère de la végétation. Gœthe, au contraire, pouvait établir à volonté le thème, qui se transformait ensuite, d'une manière en apparence involontaire, mais toujours en obéissant aux lois de l'harmonie et de la symétrie : différence entre deux hommes, dont l'un possédait l'imagination poétique au plus haut degré de développement, tandis que l'autre consacre sa vie à l'étude de la réalité et de la nature (2).

(1) *Berliner Monatsschrift*, 1799, mai.

(2) *Comp.* Abercrombie, *Inquiries concerning the intellectual powers*. Édimbourg, 1830.— Fechner, *loc. cit.*, p. 86.— Froriep's *Notizen*, t. X, p. 10.

Influence des idées sur les mouvements.

Une idée influe encore plus facilement sur les mouvements que sur les s phénomènes se manifestent dans les conditions suivantes.

1° La résolution d'exécuter un mouvement met en jeu les fibres co dantes du cerveau, et le mouvement a lieu en tant qu'il peut être produ système des nerfs cérébro-rachidiens.

2° L'idée d'un mouvement détermine un courant vers l'organe chargé cuter, et le provoque sans le concours de la volonté. Tel est le cas du bâ du rire, des spasmes, qui ont lieu involontairement, lorsqu'on voit d'au sonnes exécuter ces mouvements. Les mouvements mimiques sont des phé mixtes, dans lesquels la volonté joue un rôle.

3° Un changement soudain, mais nullement passionné, d'idées ayant t objets extérieurs, peut provoquer des mouvements involontaires, ceux du exemple : c'est ce qui arrive quand tout à coup nous saisissons une cont entre deux idées, ou que nous arrivons inopinément à la solution d'une d

4° L'idée de notre propre force nous rend forts. Celui qui se sent ca faire une chose l'accomplit plus aisément que celui qui manque de confianc moyens. L'idée qu'un certain changement doit avoir lieu dans l'énergie tème nerveux peut en amener effectivement un si notable, qu'une action j lors impossible devienne possible. Ce phénomène est surtout commun l'homme se trouve en même temps sous l'influence d'une passion. Ici se guérison des maladies par certains traitements dont on attend un effet mira phénomène qu'on ne saurait révoquer en doute, en tant du moins qu'on passe pas certaines limites.

5° Les passions exercent une influence excitatrice ou déprimante sur les n suivant le caractère des idées auxquelles elles se rapportent. Leur répéti quente imprime un cachet durable aux traits de la face.

Influence des idées sur la nutrition et la sécrétion.

Les effets des idées et des passions sur la nutrition et la sécrétion sont ment analogues à ceux qu'elles produisent sur les mouvements.

1° Un trop grand exercice des facultés intellectuelles diminue l'activit nutrition.

2° L'idée détermine un courant du principe nerveux vers l'organe char sécrétion qui se rapporte à cette idée, et d'autant plus qu'on se trouve al l'empire d'une passion. Ainsi la salive devient plus abondante à la pensée ments, le lait chez la mère qui s'occupe vivement de son enfant, la semer l'homme qui se livre à des idées voluptueuses.

3° L'idée qu'un défaut de structure peut disparaître par un certain acte l'action organique au point de produire parfois l'effet désiré. Tel est le c guérison des verrues par les moyens sympathiques, *si fabula vera*.

4° Les passions excitent d'abondantes sécrétions, le larmoiement, la la diarrhée, ou bien altèrent les produits des organes sécréteurs. Ainsi elle

llement le lait des nourrices, qu'il devient indigeste et irritant pour l'enfant. arfois aussi elles déterminent des rétentions, soit que les principes constituants es humeurs restent dans le corps, qui ne laisse échapper que de l'eau (urine ueuse après la frayeur), soit que tout reste dans le système capillaire de l'organe ·créteur, et repasse de là dans le sang (jaunisse après la colère, le dépit).

5° Les dispositions à certaines maladies organiques passent rapidement à l'état el sous l'influence des passions. Le chagrin amène en peu de temps le développement de la phthisie pulmonaire, des maladies du foie, des affections du cœur.

6° La culture de l'esprit ennoblit aussi les formes du corps, et surtout les traits u visage, comme on peut le voir en comparant ensemble les diverses classes de la ciété. Ce qu'elle fait acquérir se transmet ensuite par voie de génération : on en la preuve dans les classes qui évitent ce qu'on appelle les mésalliances, et qui rveillent l'éducation de leurs enfants. On ne peut expliquer cet effet qu'en adettant que la culture de l'esprit éloigne des traits du visage toute nourriture surflue, et subordonne davantage la matière au type de l'organisme.

Manifestation de l'âme chez les animaux composés, divisés et adhérents.

Animaux composés.

On sait que, parmi les animaux inférieurs, il s'en trouve beaucoup qui sont unis nsemble de manière à représenter un tronc commun terminé par plusieurs individus. Déjà un végétal est moins un être organisé simple qu'un système d'individus concourant à un même but; car, durant son accroissement, chaque bourgeon est une partie formée à l'image de la partie primitive, qui possède aussi en le la faculté de mener une existence indépendante, lorsqu'elle vient à être détachée ou à se séparer spontanément, et qui peut alors redevenir à son tour un système entier de parties similaires. Les vaisseaux de l'individu bourgeon se prolongent dans les couches vasculaires du tronc commun jusqu'à la racine, et le tronc est en quelque sorte le faisceau collectif de tous les individus, qui s'en détachent à s hauteurs diverses.

Parmi les animaux composés se rangent tous ceux qui se propagent par scission. s individus sont tantôt groupés à l'instar des branches d'un tronc susceptible de usser des bourgeons, comme les polypes d'un polypier, tantôt réunis en rayons, mme les botrylles : ici, rangés les uns à côté des autres, comme dans les infuoires qui se multiplient par scission en long; là, disposés à la suite les uns des tres, comme chez les infusoires et les vers qui se multiplient par scission en vers.

La plupart des végétaux et les animaux composés doivent être considérés mme des familles d'êtres qui vivent ensemble, et qui tantôt s'accolent au tronc s uns après les autres, comme dans la majorité des cas, tantôt sont déjà unis nsemble dès l'état d'embryon, comme chez les botrylles, d'après les observations e Sars. Quelquefois les animaux composés ont en commun d'importants systèmes rganiques. Chez les sertulaires, le canal intestinal contenu dans le tronc communique avec celui de chaque individu. Chez les hydres, ainsi que l'avait déjà fait oir Trembley, l'intestin du bourgeon se continue sans interruption avec celui de

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

Influence des idées sur les mouvements.

Une idée influe encore plus facilement sur les mouvements que sur les sens. Ces phénomènes se manifestent dans les conditions suivantes.

1° La résolution d'exécuter un mouvement met en jeu les fibres correspondantes du cerveau, et le mouvement a lieu en tant qu'il peut être produit par le système des nerfs cérébro-rachidiens.

2° L'idée d'un mouvement détermine un courant vers l'organe chargé de l'exécuter, et le provoque sans le concours de la volonté. Tel est le cas du bâillement, du rire, des spasmes, qui ont lieu involontairement, lorsqu'on voit d'autres personnes exécuter ces mouvements. Les mouvements mimiques sont des phénomènes mixtes, dans lesquels la volonté joue un rôle.

3° Un changement soudain, mais nullement passionné, d'idées ayant trait à des objets extérieurs, peut provoquer des mouvements involontaires, ceux du rire par exemple : c'est ce qui arrive quand tout à coup nous saisissons une contradiction entre deux idées, ou que nous arrivons inopinément à la solution d'une difficulté.

4° L'idée de notre propre force nous rend forts. Celui qui se sent capable de faire une chose l'accomplit plus aisément que celui qui manque de confiance en ses moyens. L'idée qu'un certain changement doit avoir lieu dans l'énergie du système nerveux peut en amener effectivement un si notable, qu'une action jusqu'alors impossible devienne possible. Ce phénomène est surtout commun lorsque l'homme se trouve en même temps sous l'influence d'une passion. Ici se range la guérison des maladies par certains traitements dont on attend un effet miraculeux, phénomène qu'on ne saurait révoquer en doute, en tant du moins qu'on ne dépasse pas certaines limites.

5° Les passions exercent une influence excitatrice ou déprimante sur les muscles, suivant le caractère des idées auxquelles elles se rapportent. Leur répétition fréquente imprime un cachet durable aux traits de la face.

Influence des idées sur la nutrition et la sécrétion.

Les effets des idées et des passions sur la nutrition et la sécrétion sont parfaitement analogues à ceux qu'elles produisent sur les mouvements.

1° Un trop grand exercice des facultés intellectuelles diminue l'activité de la nutrition.

2° L'idée détermine un courant du principe nerveux vers l'organe chargé de la sécrétion qui se rapporte à cette idée, et d'autant plus qu'on se trouve alors sous l'empire d'une passion. Ainsi la salive devient plus abondante à la pensée des aliments, le lait chez la mère qui s'occupe vivement de son enfant, la semence chez l'homme qui se livre à des idées voluptueuses.

3° L'idée qu'un défaut de structure peut disparaître par un certain acte accroît l'action organique au point de produire parfois l'effet désiré. Tel est le cas de la guérison des verrues par les moyens sympathiques, *si fabula vera*.

4° Les passions excitent d'abondantes sécrétions, le larmoiement, la sueur, la diarrhée, ou bien altèrent les produits des organes sécréteurs. Ainsi elles vicient

tellement le lait des nourrices, qu'il devient indigeste et irritant pour l'enfant. Parfois aussi elles déterminent des rétentions, soit que les principes constituants des humeurs restent dans le corps, qui ne laisse échapper que de l'eau (urine aqueuse après la frayeur), soit que tout reste dans le système capillaire de l'organe sécréteur, et repasse de là dans le sang (jaunisse après la colère, le dépit).

5° Les dispositions à certaines maladies organiques passent rapidement à l'état réel sous l'influence des passions. Le chagrin amène en peu de temps le développement de la phthisie pulmonaire, des maladies du foie, des affections du cœur.

6° La culture de l'esprit ennoblit aussi les formes du corps, et surtout les traits du visage, comme on peut le voir en comparant ensemble les diverses classes de la société. Ce qu'elle fait acquérir se transmet ensuite par voie de génération : on en a la preuve dans les classes qui évitent ce qu'on appelle les mésalliances, et qui surveillent l'éducation de leurs enfants. On ne peut expliquer cet effet qu'en admettant que la culture de l'esprit éloigne des traits du visage toute nourriture superflue, et subordonne davantage la matière au type de l'organisme.

Manifestation de l'âme chez les animaux composés, divisés et adhérents.

Animaux composés.

On sait que, parmi les animaux inférieurs, il s'en trouve beaucoup qui sont unis ensemble de manière à représenter un tronc commun terminé par plusieurs individus. Déjà un végétal est moins un être organisé simple qu'un système d'individus concourant à un même but; car, durant son accroissement, chaque bourgeon est une partie formée à l'image de la partie primitive, qui possède aussi en elle la faculté de mener une existence indépendante, lorsqu'elle vient à être détachée ou à se séparer spontanément, et qui peut alors redevenir à son tour un système entier de parties similaires. Les vaisseaux de l'individu bourgeon se prolongent dans les couches vasculaires du tronc commun jusqu'à la racine, et le tronc est en quelque sorte le faisceau collectif de tous les individus, qui s'en détachent à des hauteurs diverses.

Parmi les animaux composés se rangent tous ceux qui se propagent par scission. Les individus sont tantôt groupés à l'instar des branches d'un tronc susceptible de pousser des bourgeons, comme les polypes d'un polypier, tantôt réunis en rayons, comme les botrylles : ici, rangés les uns à côté des autres, comme dans les infusoires qui se multiplient par scission en long; là, disposés à la suite les uns des autres, comme chez les infusoires et les vers qui se multiplient par scission en travers.

La plupart des végétaux et les animaux composés doivent être considérés comme des familles d'êtres qui vivent ensemble, et qui tantôt s'accolent au tronc les uns après les autres, comme dans la majorité des cas, tantôt sont déjà unis ensemble dès l'état d'embryon, comme chez les botrylles, d'après les observations de Sars. Quelquefois les animaux composés ont en commun d'importants systèmes organiques. Chez les sertulaires, le canal intestinal contenu dans le tronc communique avec celui de chaque individu. Chez les hydres, ainsi que l'avait déjà fait voir Trembley, l'intestin du bourgeon se continue sans interruption avec celui d

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

la mère, et tous deux se donnent réciproquement de la nourriture. Dans les naïdes qui forment des familles réunies, l'intestin passe sans interruption à travers les générations situées à la suite les unes des autres, et la mère mange pour tous. Chez les vers qui se divisent, il y a évidemment une époque où le germe de la nouvelle génération, qui n'est encore qu'une partie de l'ancienne, obéit au *sensorium* de la mère, à sa volonté, à ses désirs; mais, à mesure que la division se prononce et que le germe se centralise par le développement des rudiments de la tête, il acquiert aussi sa volonté propre et ses désirs propres, qu'il manifeste par ses efforts pour se séparer de la mère.

Les polypes réunis en un tronc commun sont des individus qui adhèrent les uns aux autres, mais dont chacun a en soi la source de ses déterminations. Quand on irrite l'un de ces polypes, lui seul se rétracte, et les autres ne font rien de semblable. Mais le tronc n'a pas d'organisation individuelle, il ne désire pas, il ne se représente point de désirs, et renferme seulement le pouvoir de produire des individus nouveaux par gemmation. Chez les polypes rameux, ce tronc est soustrait aussi à la volonté des individus. Rapp a bien observé parfois quelques faibles mouvements au tronc des vérétilles; mais ces mouvements n'ont aucune analogie avec ceux que la volonté détermine. Chez les hydres, qui, lorsqu'elles bourgeonnent, sont des systèmes d'individus jusqu'au moment de la séparation, le tronc est autre chose que celui des polypes rameux; il est et demeure partie constituante de la mère, et obéit à la volonté de la portion céphalique de cette dernière; le petit ne manifeste ses volontés que jusqu'au point où il est uni au corps maternel, et qui est celui où s'opérera sa séparation.

Duplicité pathologique chez l'homme et les animaux.

Les monstres doubles peuvent être classés de la manière suivante, au point de vue de leurs différences essentielles.

I. Duplicité partielle de l'axe.

1° Duplicité partielle de l'axe du corps vers le haut, la partie inférieure étant simple (*axis sursum duplex*). Ici se rangent tous les cas de scission du sommet de l'axe céphalique et vertébral, depuis le minimum (duplicité de la face, de la tête) jusqu'au maximum, la scission atteignant le sacrum, ou même allant plus loin encore.

2° Duplicité partielle de l'axe du corps vers le bas, la partie supérieure étant simple (*axis deorsum duplex*). Il y a également ici des degrés depuis le minimum jusqu'au cas d'une face simple avec deux occiputs et deux corps.

II. Duplicité totale de l'axe. Réunion de deux corps par des parties identiques, avec ou sans perte de parties intermédiaires.

1° Réunion sans perte, avec conservation complète de toutes les parties de deux embryons. Ici les embryons semblent se fendre partiellement. Par exemple, la tête $a\frac{b}{b}$ subit une division des deux moitiés de la face b et b, l'occiput a restant simple, et la tête $\frac{B}{B}a$ subit également une scission partielle en deux moitiés faciales B et B, l'occiput a restant simple; de sorte que de là résulte la confu-

a $a \frac{b}{b} \frac{B}{B} a$, où chaque face b B se compose de moitiés appartenant à deux em-
yons différents, comme on en acquiert la conviction par l'examen du crâne et
cerveau (1). Ici se rangent les syncéphales, synthorax, syngastres et pygodi-
me de Gurlt, sans défectuosités; le syncéphale sans défectuosité est le janiceps.
is il y a aussi des synthorax et des syngastres chez lesquels on remarque, à la
itrine et au ventre, ce qui, chez les janiceps, arrive à la tête.

2° Réunion de parties identiques de deux embryons, avec perte de parties inter-
diaires. C'est le même principe d'après lequel s'effectuent les fusions d'organes
rs chez des monstres non doubles. Il y a confusion et perte tantôt sur le côté,
ıtôt par devant. Syncéphale aprosope avec perte des faces; synthorax et syngastre
rant des formes correspondantes. Les syncéphales latéraux avec perte dégénèrent
scissions de l'axe.

III. Implantation. Réunion de deux corps, dont un demeure entier, tandis qu'il
reste de l'autre qu'un vestige.

1° Implantation externe.

a. Implantation externe égale, ou par des points homologues. De la poitrine d'un
fant parfait pend le derrière de la tête d'un second enfant, sans partie anté-
ure. Troisième pied, tête ou mâchoire parasite, etc.

b. Implantation externe inégale, ou par des parties hétérogènes.

2° Implantation interne. Fœtus dans un autre fœtus.

IV. Duplicité de certaines parties par scission hors de l'axe du corps.

Les limites entre la troisième et la quatrième forme sont souvent difficiles à
ıcer (2).

Nous ne savons encore presque rien des phénomènes d'intelligence chez les
ınstres doubles, parce que les occasions d'observer ces anomalies se présentent
ement, et que d'ailleurs la plupart des sujets qui en offrent des exemples péris-
ıt après la naissance. Cependant on a déjà recueilli quelques observations relati-
nent aux combinaisons les plus importantes. Dans le cas de duplicité du sommet
l'axe, avec simplicité du bas, les deux têtes n'ont pas d'influence, comme on
ırrait s'y attendre, sur la partie inférieure simple du corps; la droite ne meut
e la moitié droite et le membre pelvien droit, la gauche que le membre gauche :
st ce qu'on a remarqué sur Rita-Christina (3). Les irritations exercées sur le
d droit ne procuraient de sensations que dans la tête droite, et celles sur le pied
ıche que dans la tête gauche. Les deux têtes ne sentaient ensemble que les
ouchements sur la ligne médiane de la partie simple du corps. Ces monstres
nblent donc provenir plutôt d'une confusion de deux germes, avec destruction
s parties intermédiaires, que d'une scission d'un seul germe. Rita et Christina
ient la partie supérieure de l'intestin double jusqu'à l'iléum; l'inférieure était
ıple. Le besoin de la défécation se faisait presque toujours sentir simultanément

(1) I. Geoffroy-Saint-Hilaire, *Histoire des anomalies de l'organisation*, Paris, 1836, II, p. 110.

(2) *Voy.*, sur l'anatomie des monstres doubles, Barkow, *Monstra animalium duplicia per itomen indagata*. Leipzick, 1828.

(3) Serres, *Rech. d'anat. pathologique et transcendante*. Paris, 1832.

aux deux individus. Nul doute que la partie simple de l'intestin ne dût naissance aussi à la fusion de deux intestins, avec perte des parties intermédiaires (1).

Quant aux cas de simplicité du crâne et du cerveau, avec scission de l'axe et duplicité de la face ou du tronc, j'ai eu l'occasion d'en rencontrer un. C'était un veau vivant, qui, avec un corps et un occiput simples, avait un museau double, les deux yeux du milieu se trouvant confondus en un seul. J'ai vu, il y a longtemps, cet animal vivant, qu'on tenait dans une cage; mais il ne m'a été possible de l'examiner que quelques instants, et d'une manière incomplète. N'étant pas possesseur du corps, la seule cause à laquelle je prisse intérêt était de savoir comment l'animal réagissait quand il éprouvait des sensations. Ayant donc touché l'un des muscaux de ma canne, je fus très surpris de voir les deux langues sortir ensemble et exactement de la même manière. Je ne saurais me rappeler si elles divergeaient, ou si elles se dirigeaient toutes deux du même côté : le premier de ces deux cas me paraît plus probable que l'autre. Il est à désirer que l'occasion d'observer des cas de cette nature se représente. L'accomplissement d'une volonté unique par deux organes similaires porte à penser que la duplicité tenait plutôt à une scission du germe qu'à la fusion des deux germes.

Les cas d'implantation sont ceux que l'on rencontre le plus fréquemment.

Les parties d'embryons qu'on trouve implantées, sans tête à laquelle elles se rapportent, n'ont pour la plupart aucune sensation, et n'en procurent non plus aucune à l'individu sur le corps duquel elles sont assises : c'est ce que Burdach (2) a remarqué chez un jeune garçon à la région épigastrique duquel pendaient quatre membres bien conformés : la pièce existe aujourd'hui dans le cabinet de Berlin. Aucun des nerfs de l'enfant ne se rend à ces membres parasites, qui sont nourris par les vaisseaux mammaires. Cependant on a vu aussi des cas dans lesquels les appendices surnuméraires ne pouvaient être irrités sans que le tronc sur lequel ils étaient implantés s'en ressentît (3) : le fait ne paraît pas impossible quand on se rappelle que les nez fabriqués par les procédés autoplastiques sont d'abord insensibles, mais acquièrent peu à peu le sentiment.

Un cas qui n'a encore été observé chez aucun monstre double est celui d'une influence double de la volonté sur un tronc simple surmonté de deux têtes. Toutefois on n'en saurait nier absolument la possibilité, du moins chez des animaux inférieurs. Il serait même à désirer qu'on reprît avec plus de soin l'étude des hydres doublées par scission longitudinale, opération qui, suivant Trembley, produit assez souvent des polypes à deux têtes sur un corps simple. Les vorticelles rameuses (*Carchesium polypinum*), qui se multiplient par scission spontanée en long, et chez lesquelles les individus ainsi produits sont implantés sur un même pédicule, rendu contractile par un muscle, doivent peut-être prendre place ici.

Mère et fœtus.

L'union du fœtus avec la mère ressemble à celle d'un polype bourgeon avec le

(1) I. Geoffroy-Saint-Hilaire, *loc. cit.*, t. III, p. 189.

(2) *Medic. Zeitung des Vereins fuer Heilkunde in Preussen*, t. II, p. 209. — Deputren, *Rapport sur un fœtus humain trouvé dans le mésentère d'un jeune homme de quatorze ans*, dans *Mémoires de la Faculté de médecine de Paris*, p. 233, in-4°.

(3) Geoffroy-Saint-Hilaire, *loc. cit.*, t. III, p. 227, 231.

olype sur le corps duquel il s'est développé. Pas plus dans un cas que dans l'autre, a volonté maternelle n'exerce d'influence sur le germe développé. Chez les naïdes, ui se multiplient par scission, la portion du tout qui doit devenir un nouvel indiidu obéit d'abord à la volonté de la portion céphalique de la mère; mais le cas st tout autre ici, puisqu'il s'agit d'une partie soumise à la volonté qui, en s'isoant, devient un individu à part.

C'est ici le lieu d'examiner l'influence de l'esprit de la mère sur l'action plastique u fœtus.

On se demande si l'âme a des effets tellement étendus que certaines idées qu'on e fait des phénomènes physiques puissent déterminer la réalisation de ces mêmes hénomènes par des actes de plasticité dans une partie quelconque de l'organisme. 'esprit possède sans contredit cette influence sur les sensations et les mouvements. Mais le corps vivant qui se fait l'idée d'une forme ayant une couleur déerminée, peut-il, en modifiant le tissu de la peau, imiter cette forme sur une artie quelconque des téguments extérieurs? Le problème est le même que celui le l'influence attribuée à l'imagination des femmes enceintes : seulement, ici l'effet lépasserait les limites d'un organisme, pour aller s'étendre à un autre.

On ne saurait alléguer, comme argument favorable à cette hypothèse, que certains vices légers de conformation, par exemple les verrues, peuvent céder, dit-on, à ce qu'on appelle des traitements sympathiques : car, en pareil cas, l'effet de l'idée ne tend pas à produire une forme déterminée, et tout se réduit à provoquer une modification de quantité dans le travail naturel de la nutrition : une fois la modification établie, le produit anomal ne peut plus subsister, et, n'ayant pas de vie propre qui lui permette de résister à cette influence ennemie, il est obligé de disparaître peu à peu. Mais, pour ce qui concerne l'imagination des femmes enceintes, on lui attribue le pouvoir de produire quelque chose de positif, une chose dont la forme doit correspondre à celle que l'esprit de la mère s'est représentée. Ce qui déjà rend ce mode d'influence fort invraisemblable, c'est qu'il lui faudrait s'étendre d'un organisme à un autre; mais l'union entre la mère et l'enfant n'est qu'une simple juxtaposition, aussi exacte que possible, de deux êtres tout à fait indépendants l'un de l'autre, qui s'attirent par leurs surfaces, et dont l'un fournit la nourriture et la chaleur que l'autre s'approprie. Cependant il y a beaucoup d'autres arguments encore contre cet ancien préjugé populaire. J'ai occasion de voir la plupart des monstres qui viennent au monde dans la monarchie prussienne, et pourtant je puis affirmer n'avoir jamais rien observé qui ne se rapportât à quelqu'une des grandes divisions admises en tératologie, arrêts de développements, scissions, défectuosités, fusions, etc. : ce qui n'empêche pas que les rapports annexés aux monstres que les provinces envoient à Berlin ne mentionnent très souvent l'influence de l'imagination de la mère, n'entrent même parfois dans de grands détails à ce sujet, quoiqu'il n'y ait pas la moindre analogie entre la monstruosité et l'objet qu'on veut qu'elle représente. Ajoutons qu'il ne manque certainement pas de femmes qui, pendant leur grossesse, éprouvent une et même plusieurs fois de la frayeur, sans que leur fruit s'en ressente le moins du monde, mais que la fréquence même du fait ne laisse jamais dans l'embarras lorsqu'à la naissance fortuite d'une monstruosité, on veut l'expliquer dans un sens favorable au préjugé populaire. Tout ce que la raison permet d'admettre à cet égard, c'est

qu'une passion vive quelconque, ressentie par la mère, peut exercer sur le conflit organique entre elle et l'enfant une influence brusque, par suite de laquelle la formation du fœtus s'arrête à quelqu'une des périodes qu'elle parcourt dans son évolution successive, mais sans que pour cela l'imagination maternelle influe en rien sur l'emplacement où aura lieu l'arrêt de développement : la plupart des monstres sont monstrueux sur plusieurs points, et souvent les parties les plus diverses du corps portent des marques sensibles d'un arrêt de développement.

Si les idées d'un être organique ne peuvent point se réaliser d'une manière plastique dans un autre être organique, il est peu vraisemblable aussi, d'après tout ce qui précède, qu'un être pensant puisse influer sur la pensée d'un autre être organique, autrement que par langage ou par signes. Sans doute on ne saurait nier que les êtres organisés opèrent les uns sur les autres des effets encore inconnus, et qui peut-être ont lieu en vertu d'une action à distance sur les nerfs; mais il est impossible de concevoir que les idées et les états de l'âme d'un individu se communiquent à un autre individu, comme le prétendent les partisans du magnétisme animal.

CHAPITRE III.

Des tempéraments.

Les tempéraments sont des modes permanents de conflit entre l'âme et l'organisme. Ils dépendent surtout de la relation qui existe entre les penchants et la structure excitable du corps. Les différences qu'on remarque entre les hommes pour l'aptitude aux idées simples ou générales, à l'abstraction, au jugement, à la mémoire, à l'imagination, ne peuvent être appelées des tempéraments, et ne constituent que ce qu'on appelle les variétés des talents.

La notion des tempéraments date de la plus haute antiquité : elle est excellente, et peut-être ne parviendrait-on point à la perfectionner. Les bases sur lesquelles les anciens l'avaient établie étaient aussi mauvaises que leurs opinions relativement aux éléments primaires du corps humain. Les tempéraments sanguin, phlegmatique, bilieux et mélancolique de Galien reposaient sur les hypothèses que les philosophes de la Grèce avaient imaginées touchant les quatre éléments, l'air, l'eau, le feu, la terre, et les qualités qui leur correspondent, chaleur, froid, sécheresse, humidité. A ces éléments se rapportaient, dans le corps humain, quatre humeurs fondamentales, le sang, la pituite, la bile et l'atrabile, de la prédominance desquelles on faisait dépendre les tempéraments.

Ce serait contribuer bien peu à l'élucidation du sujet que de rapporter ici les diverses autres classifications des tempéraments qui ont pu être proposées. Nous sommes sans doute tentés de chercher à établir cette doctrine sur les formes fondamentales des fonctions et de leurs systèmes organiques, par exemple, ceux de la nutrition, du mouvement, de la sensibilité, et d'attribuer les tempéraments à la prédominance d'un des systèmes : on a ainsi un tempérament végétal ou nutritif, un autre irritable et un troisième sensible. Mais ce n'est pas de la prédominance

d'un de ces systèmes organiques qu'on peut faire dériver les particularités relatives à l'âme qui caractérisent les tempéraments. En effet, la force musculaire est très éloignée de rendre bilieux, et le caractère phlegmatique accompagne tout aussi bien une bonne qu'une mauvaise nutrition. Tous les individus replets ne sont pas phlegmatiques, tandis qu'on trouve des personnes fort maigres qui ont un phlegme imperturbable : il y a des sujets bilieux et sanguins parmi les hommes chargés d'embonpoint comme parmi ceux qui en sont dépourvus, parmi les hommes vigoureux comme parmi ceux qui n'ont pas beaucoup d'énergie musculaire. En général, toutes les tentatives qu'on a faites dans la vue d'assigner une complexion particulière aux tempéraments, ont échoué : ce qui vaut mieux, c'est de distinguer des tempéraments certaines constitutions physiologiques qui se rattachent évidemment au développement relatif des systèmes organiques, comme les constitutions musculeuse, nutritive et sensible, qu'on peut trouver associées aux divers tempéraments.

Ce qui a surtout porté la confusion dans la doctrine des tempéraments, c'est qu'on a mêlé ceux-ci avec les constitutions pathologiques. On s'est imaginé que le phlegmatique devait être bouffi, pâle et lymphatique, que la proportion du plasma aux globules du sang devait être plus considérable chez lui, que lui-même devait être prédisposé aux scrofules, à la chlorose, etc. Le tempérament sanguin a été poussé jusqu'à la complexion phthisique, et on l'a dit enclin aux fièvres, aux maladies du poumon, aux hémorrhagies actives. Le bilieux a été présenté comme ayant la prédisposition aux affections du foie. Toutes ces idées, et autres analogues, tiennent à ce qu'on a confondu les constitutions leucotique, phthisique, hépatique, nerveuse, et autres prédispositions morbides, avec les tempéraments. Il y a des bilieux qui, lorsqu'une vive émotion les rend malades, souffrent de tout autre organe plutôt que du foie, qui, par exemple, digèrent mal, ont des battements de cœur, des spasmes, des tremblements; c'est seulement lorsqu'elle est unie à la disposition aux maladies du foie, que la constitution bilieuse entraîne une teinte jaunâtre de la peau, et, dans ce cas, les maladies hépatiques éclatent non pas uniquement sous l'influence du dépit et de la colère, mais encore sous celle de toute passion quelconque.

Dans mon opinion, les tempéraments ne dépendent que du plus ou moins de disposition aux émotions ou passions qui naissent de l'excitation ou de la contrariété des penchants, c'est-à-dire qu'ils reconnaissent pour cause la disposition aux états de plaisir, de peine et de désir, comme aussi les aliments que ces états de l'âme trouvent dans la composition matérielle des parties organisées. J'ai déjà cherché à établir la probabilité que les passions ont leur source dans la propriété fondamentale qu'ont les êtres organisés d'affirmer leur moi, propriété qui, sans exciter toujours des sensations déterminées, exerce pourtant de l'influence sur la conception des idées, et se combine avec elles.

Lorsque les passions ne sont ni vives ni continues, à cause de la base organique, il résulte de là le tempérament phlegmatique ou modéré, dans lequel les idées qu'on se fait des choses demeurent plus ou moins des idées et des combinaisons d'idées, sans exercer aucune influence marquée, excitatrice ou déprimante, sur le sentiment de soi-même, sans provoquer ni plaisir, ni peine, ni désir. L'homme phlegmatique dont je parle ici n'est point un phénomène pathologique. Ses idées

ne marchent pas avec plus de lenteur que celles des autres hommes, et, de même que dans tout autre tempérament, ses facultés intellectuelles peuvent atteindre un haut degré. Avec une intelligence bien développée, son phlegme lui permet d'accomplir des actes et d'arriver à des résultats qui sont impossibles à d'autres, même avec des penchants plus vifs. Car il n'a besoin de grands efforts, ni physiques, ni moraux, pour conserver son sang-froid, de sorte qu'on ne saurait l'entraîner à des actions dont il aurait à se repentir le lendemain, et qu'il peut calculer en toute certitude les chances de succès de ce qu'il entreprend : dans le danger, au moment décisif, il est maître de ses forces, toutes les fois qu'il s'agit de juger, de réfléchir, et non de déployer brusquement une grande énergie. On ne doit pas attendre de lui une résolution qui suppose des émotions vives et profondes, mais on peut compter sur ce qu'il est possible d'obtenir de la patience et de la persévérance. Les circonstances qui poussent le bilieux, le sanguin, à des actions passionnées, qui leur causent d'amères sensations, sont envisagées par lui sans la moindre émotion, et ne font que l'engager à réfléchir ; de sorte qu'au lieu de se plaindre, il médite tranquillement sur les hommes et les choses d'ici-bas. Il sent peu ses maux, les supporte patiemment, et ne s'émeut pas beaucoup non plus de ceux des autres. S'il contracte rarement amitié, il demeure fidèle à celle qu'il a formée, et l'on peut, dans le besoin, compter sur son appui, sur son secours. Il atteint moins sûrement un but qui l'oblige à déployer en peu de temps beaucoup de force, et souvent alors il se laisse devancer par d'autres ; mais, quand rien ne le presse, lorsqu'il a du temps devant lui, il arrive tranquillement au terme, tandis que d'autres, entassant faute sur faute, se sont déjà depuis longtemps perdus dans des détours sans fin. Le phlegmatique connaît sa propre sphère, et ne s'égare jamais dans celle des autres, ne se met jamais en conflit avec eux. Cette conduite sage et calme lui permet de savoir toujours ce qu'il veut, et d'éviter tout ce qui pourrait l'induire en erreur ; elle est pour lui la source d'une satisfaction habituelle, et, si elle ne lui procure aucune joie bien vive, du moins le laisse-t-elle exempt de souffrances profondes.

On doit considérer comme constituant déjà un phénomène pathologique l'espèce de phlegme caractérisé par la paresse, l'apathie, l'insouciance, l'irrésolution, l'ennui, la difficulté de comprendre, la lenteur des progrès intellectuels, et qui fait préférer au travail et aux efforts la douleur dont l'économie ne ressent pas bien vivement l'aiguillon.

Les tempéraments non modérés sont le bilieux, le sanguin et le mélancolique. Les passions sont l'effet des penchants contrariés ou sollicités par les objets qu'on se représente, et accompagnés par conséquent d'un état de peine ou de plaisir. Le penchant peut être assez fort et l'action organique assez intense pour arriver à vaincre les obstacles, et il peut aussi se faire que, la sensibilité étant excessive, l'émotion de plaisir ou de peine devienne très grande, par la durée des penchants et des actions organiques, malgré la faiblesse relative de la réaction. On a dans le premier cas le tempérament bilieux, dans le second les tempéraments sanguin et mélancolique : ces deux derniers tiennent à la même disposition fondamentale, et sont plus voisins l'un de l'autre que des autres tempéraments.

Le bilieux a un remarquable pouvoir d'action, tant en énergie qu'en durée, quand il se trouve soumis à l'influence de quelque passion qui se rapporte à

lui-même ou à autrui. Ses passions s'enflamment au moindre obstacle, et son orgueil, sa jalousie, son désir de vengeance, sa soif de domination, ne connaissent point de bornes tant qu'il subit le joug des états passionnés de son âme. Il réfléchit peu, et agit sur-le-champ, sans hésitation, parce qu'il est persuadé d'avoir seul raison, mais surtout parce que telle est sa volonté : il ne revient pas vite de ses erreurs, et suit invariablement le cours de ses passions, jusqu'à ce qu'il y trouve sa propre ruine et celle des autres.

Chez le sanguin, le plaisir est la tendance fondamentale, jointe à une grande excitabilité et à une durée très courte de toutes les émotions. Il poursuit évidemment tout ce qui peut lui être agréable, témoigne aux autres beaucoup de sympathie, et forme aisément des relations amicales; mais ses penchants n'ont aucune fixité, et l'on ne peut pas compter sur lui; prompt à se fâcher, il ne tarde guère non plus à s'en repentir; prodigue de promesses, il les oublie bientôt, ne les réalise pas sur-le-champ; crédule et confiant, il aime à faire des projets, qu'il ne tarde pas à mettre de côté; indulgent pour les défauts des autres, réclame la même indulgence pour les siens; il est facile à apaiser, franc, ouvert, aimable, bienveillant, sociable et incapable de se livrer à des calculs intéressés.

Chez le mélancolique, la tristesse est la tendance fondamentale. Son excitabilité égale celle du sanguin; mais les sensations désagréables sont plus durables et plus fréquentes chez lui que celles de plaisir. Les peines d'autrui provoquent vivement sa sympathie. Il est craintif, indécis, défiant, et cède à tout ce qui abonde dans le sens de ses idées dominantes. Un rien le blesse et l'offense; à chaque instant croit qu'on le néglige; les obstacles qu'il rencontre dans sa carrière le découragent, le désespèrent, et le rendent incapable de raisonner pour sortir d'embarras; ses désirs sont pleins de mélancolie, ses souffrances lui paraissent intolérables et au-dessus de toute consolation.

Il me serait facile d'étendre ces tableaux, mais je sortirais ainsi du cadre dans lequel je dois me tenir renfermé (1).

CHAPITRE IV.

Du sommeil.

Tout excitement de l'état organique du cerveau qui met en jeu l'activité de cet organe rend peu à peu le viscère lui-même incapable de suffire à cette action, et provoque le sommeil, qui est ici la même chose que la fatigue pour toute autre partie du système nerveux. Mais la cessation ou la rémission de l'activité de l'âme pendant le sommeil amène aussi l'intégration des états organiques, qui les rend

(1) *Voy.* sur les tempéraments, L.-J. Bégin, *Traité de physiologie pathologique*. Paris, 1828. Thomas, *Physiologie des tempéraments*. Paris, 1826. — H. Royer-Collard, *Des tempéraments considérés dans leurs rapports avec la santé* (*Mémoires de l'Académie royale de médecine*. Paris, 1843, t. X, p. 435 et 479). — Michel Lévy, *Traité d'hygiène publique et privée*, 4e édit. Paris, 1850. t. I, p. 61 et suiv.

aptes à être excités de nouveau. Le cerveau, dont l'action est nécessaire à la vie spirituelle, obéit à la loi générale de tous les phénomènes organiques, c'est-à-dire que les manifestations de la vie, par cela même qu'elles sont des états de parties organiques, y occasionnent des changements matériels. En conséquence, plus l'activité de l'âme dure longtemps, plus le cerveau devient incapable de l'entretenir et plus l'âme se sent gênée, jusqu'à ce qu'enfin les sensations elles-mêmes cessent, malgré la persistance des causes qui les excitent. Un état analogue a lieu partiellement dans la sensation pendant la veille ; car, lorsque l'on contemple longtemps une tache colorée, un moment arrive où l'on finit par ne la plus voir, et il ne reste sur la rétine qu'une impression générale, sans spécification locale. Les personnes qui ont les nerfs délicats sont même sujettes à ce que leur vue se voile d'une espèce de nuage quand elles regardent pendant longtemps un objet. Ce n'est pas seulement l'activité de l'âme qui donne lieu à ce résultat : d'autres effets prolongés de la vie animale, l'exercice soutenu et finalement fatigant des sens, les grands efforts musculaires, entraînent également la même détente, le même défaut dans les états organiques du cerveau, et font naître le besoin du sommeil, amènent même le sommeil, à cause de la facilité avec laquelle se communiquent les états organiques. Enfin le sommeil peut être déterminé par un sang riche en principes alibiles grossiers, comme après un repas largement arrosé de liqueurs spiritueuses. Les hypnotiques agissent avec plus d'intensité, en altérant le *sensorium*. Le simple accroissement de la pression du sang sur le cerveau, dans le décubitus horizontal, devient aisément une cause de sommeil. Certaines personnes, et je suis du nombre, peuvent s'endormir lorsqu'elles le veulent, en chassant toutes les pensées de leur tête au moment où elles se couchent. La durée et les phases de cette périodicité dépendent de causes qui sont, les unes internes et les autres externes. Le sommeil coïncide ordinairement avec la nuit, et la veille avec le jour, parce que les excitants, nombreux pendant la journée, le sont peu durant la nuit, ou même alors n'exercent aucune action sur les sens, ni par conséquent sur le cerveau. Cependant les causes de la durée du sommeil et de la veille résident aussi dans le corps organisé lui-même ; car on peut faire du jour la nuit, et celui qui en contracte l'habitude dort autant dans la journée qu'il l'aurait fait pendant la nuit ; d'ailleurs il est dans la nature de certains animaux de n'agir que pendant la nuit et de se reposer durant le jour : tels sont ceux auxquels on donne l'épithète de nocturnes.

Les périodes du sommeil et de la veille ont donc leur fondement dans la nature des animaux eux-mêmes et non dans la succession du jour et de la nuit ; mais une harmonie préétablie les a mises en rapport avec la périodicité diurne de la terre.

A ce point de vue, les petites périodes de repos et d'activité, d'une durée de vingt-quatre heures, correspondent aux grandes périodes de repos et d'activité chez les animaux, périodes qui s'expriment par le rut, les migrations, la mue, le sommeil d'hiver et celui d'été. Car, si les animaux hivernants s'engourdissent parce que, sans chaleur extérieure, ils ne peuvent entretenir, ni la leur propre, ni par conséquent leur vitalité, il n'en existe pas moins chez eux une cause organique, une nécessité intérieure de repos et de rédintégration, comme l'ont prouvé les expériences de Czermak et de Berthold. Le loir s'engourdit fréquemment en été. L'engourdissement du muscardin a lieu pendant l'hiver, que l'animal soit libre

ou tenu dans une chambre chaude : seulement le sommeil est plus profond dans le premier cas, et commence plus tard dans le second ; à l'air extérieur, il commence dès le mois d'octobre, tandis que, dans une chambre chaude, l'animal s'éveille d'abord chaque jour pendant quelque temps, puis, vers le milieu de décembre, dort d'un sommeil de plus en plus profond et continu, de manière que vers le milieu de mars, il ne s'éveille plus, ou du moins ne s'éveille que rarement. Berthold conclut donc que l'engourdissement hivernal reconnaît pour cause, non pas uniquement le froid extérieur ou le manque de nourriture, mais un défaut d'énergie vitale, qui coïncide avec le changement de saison, et ressemble à celui qu'on observe pendant la mue et autres phénomènes analogues (1).

Le sommeil diurne et le sommeil d'hiver des végétaux offrent, à cet égard, des phénomènes parfaitement analogues ; ils prouvent que les êtres organisés pourvus de nerfs et d'un centre d'activité vitale ne sont pas les seuls qui soient soumis à la périodicité intérieure, et qui se trouvent placés sous la dépendance des excitations du dehors (2).

La veille des végétaux se manifeste par l'expansion des feuilles, qui tournent leur face supérieure vers la lumière. Leur sommeil, aperçu d'abord par Cordus, et que Linné a reconnu être un phénomène général, s'annonce par le redressement des feuilles, qui s'appliquent les unes contre les autres et le long de la tige. Mais, pendant le jour, les végétaux absorbent de l'acide carbonique, et exhalent de l'oxygène, tandis que, durant la nuit, ils absorbent de l'oxygène. Les mouvements qui caractérisent leur sommeil sont marqués surtout dans les jeunes feuilles et dans les parties foliacées qui constituent la fleur ; ils le sont moins dans les feuilles avancées en âge, de même que le sommeil est plus profond chez les jeunes animaux. Comme dans le règne animal, il y a des végétaux qui dorment pendant le jour et veillent durant la nuit : dans les deux cas, les stimulants diurnes sont moins aptes que les conditions de la nuit à maintenir l'activité de l'organisme. Chez les plantes aussi, le sommeil dépend de l'état produit par la stimulation continue de la lumière, et de l'absence de la lumière pendant la nuit ; car, d'après les expériences de De Candolle, on peut le faire changer peu à peu de type en substituant la nuit au jour, et la lumière artificielle à la nuit. Mais, même alors, le sommeil et la veille n'en dépendent pas moins d'une cause intérieure ; car les observations de Duhamel, de Ritter et de De Candolle ont appris que les plantes qu'on tient dans une obscurité continuelle n'en continuent pas moins d'ouvrir et de fermer régulièrement leurs feuilles.

En général donc, il y a similitude entre le sommeil des animaux et celui des végétaux : cependant ce dernier a aussi des caractères qui lui appartiennent en propre. La situation que les feuilles prennent pendant sa durée est la même que celles qu'elles affectent dans leur jeune âge, avant d'être déployées ; mais elle n'est point la conséquence d'un relâchement, car on ne peut la changer, et, quand on essaie de le faire, les feuilles se brisent plutôt que de céder peu à peu. Chez les

(1) Mueller's *Archiv*, 1835, p. 150 ; 1837, p. 63.

(2) *Comp.* le travail de Meyer sur le sommeil des végétaux dans les *Vortræge aus dem Gebiete der Naturwissenschaften und der Œkonomie*, publiés par Baer. Kœnigsberg, 1834, p. 127. — H. Dutrochet, *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux*. Paris, 1837, t. I, p. 469.

végétaux irritables, la situation des feuilles pendant le sommeil est également celle qu'elles prennent quand on les irrite ; car une stimulation exempte de toute secousse qu'on détermine sur un point quelconque, par exemple, celle des rayons solaires concentrés au foyer d'un verre ardent, se propage peu à peu aux parties voisines, dont les feuilles se couchent successivement. D'après les expériences de Lindley et de Dutrochet, confirmées par celles de Meyer, le bourrelet situé à la base des pétioles est le siége de deux forces inverses qui tendent, l'une à élever la feuille, l'autre à l'abaisser. Si l'on coupe le côté externe du bourrelet, la feuille s'abaisse de ce côté, comme il arrive quand les cellules du côté opposé deviennent turgescentes, et par cela même exercent une compression sur celles de l'autre côté ; l'inverse a lieu si l'on retranche le côté interne du bourrelet. Considère-t-on l'élévation et l'application des feuilles par l'absence de la lumière comme la conséquence d'une soustraction de l'irritant naturel au côté supérieur de la feuille, la portion correspondante du bourrelet cesse d'agir par suite de cette soustraction, tandis que la portion qui correspond à la face inférieure de la feuille, et qui dépend peut-être moins de la lumière, continue d'agir, de sorte que sa turgescence élève la feuille et lui fait prendre la position qu'elle affecte pendant le sommeil. Mais les mêmes effets surviennent aussi sous l'influence d'excitations mécaniques et chimiques, qui produisent le même résultat que la section de la portion du bourrelet correspondante à la face supérieure de la feuille. La commotion agit donc ici précisément de la même manière qu'un dérangement ou que la soustraction d'une irritation homogène, et il semblerait presque que ce trouble exerce une grande influence sur l'un des côtés du bourrelet, tandis qu'il n'influe en rien sur l'autre. Cette explication est la seule au moyen de laquelle on parvienne à faire accorder les causes du sommeil des végétaux avec le mouvement que ces derniers exécutent à l'occasion de stimulations hétérogènes ; mais, par cela même, ce mode de mouvement perd toute analogie avec la contractilité animale. Le côté du tissu cellulaire végétal qui continue de rester turgide pendant le sommeil ressemble, par cette persistance d'action de sa part, à la portion de l'organisme animal qui continue d'agir librement durant le sommeil des animaux.

Le sommeil des animaux est un phénomène qui concerne exclusivement la vie animale. La vie organique entière, c'est-à-dire la nutrition, avec tous les mouvements involontaires qui l'accompagnent, continue de suivre son cours calme et paisible, et ne prend aucune part au sommeil. Il y a plus même, les mouvements involontaires du système animal, comme la respiration, sont exclus du repos qu'amène le sommeil, et la même chose arrive également à plusieurs autres ordres de mouvements, chez les animaux, ainsi qu'on le verra plus loin. Le système organique ne peut cependant pas se passer entièrement de rémission : mais il a pour cela d'autres périodes, qui varient même beaucoup dans les diverses parties de ce système. Le cœur a sa période de repos après chaque battement ; le mouvement de l'intestin, de la matrice, a les siennes, et le phénomène de la mue prouve que la nutrition n'en est pas dépourvue non plus. Si même nous suivons la formation d'une dent, d'une épine, d'une plume, nous reconnaissons qu'elle parcourt un cycle d'actions inégales : car, lorsque la tige de ces parties se forme, la nutrition est tout autre qu'au moment où se produit la couronne, la pointe, la barbe. Chez les animaux dont les poils présentent des renflements noueux, comme les mous-

es des phoques, la nutrition doit avoir des oscillations régulières, puisque ces ies ne croissent qu'à partir de leur racine.
omme tous les phénomènes de la vie organique et tous ceux de l'animal en-, abstraction faite des phénomènes auxquels l'âme préside, sont dans le même que ceux de la formation première, c'est-à-dire qu'ils ont lieu d'une manière monique, mais nécessairement, et que même la nutrition, l'entretien des or-es de la vie animale ne dépendent pas de la vie de l'âme, de la faculté de créer idées, on peut dire aussi que le sommeil et la veille tiennent à une sorte d'an-onisme entre la vie organique et la vie animale, de manière que, de temps en ips, la vie animale, celle à laquelle préside l'âme, devient plus libre, tandis qu'en utres moments elle est dominée par l'action organique et harmonique de la ure. A la vérité, les organes de la vie animale sont soumis, même pendant la lle, à l'influence de la force organisatrice ; mais les aptitudes que l'organisation ocure aux muscles, aux nerfs cérébraux, sont employées à des actions qui diffè-it de celle dont le but est d'organiser, d'entretenir l'organisation. Durant le nmeil, au contraire, où ces actions sont suspendues en grande partie, sinon me en totalité, la nature travaille surtout à organiser ; et la force organisatrice, it l'action, bien qu'elle ne parvienne pas à la conscience, n'en suit pas moins e marche rationnelle et harmonique, travaille à mettre tous les organes, même ix de la vie animale, en état de reprendre librement leur jeu.
Comme les états d'excitement se propagent dans l'organisme entier, la veille de vie animale et l'accroissement d'excitation qui a lieu pendant sa durée doivent tendre aussi peu à peu au système de la vie organique, et modifier les actions la matière organisée. De là vient, en effet, la fréquence un peu plus grande s battements du cœur pendant la veille. Dans le sommeil, cette irradiation de la animale vers la vie organique n'a point lieu, ce qui fait que la seconde, quoi-'elle répare aussi ses pertes, en éprouve cependant un besoin moins pressant. rsque, par des moyens artificiels, on prolonge l'état de veille au delà de ses rnes ordinaires, non seulement l'irradiation devient prononcée, par exemple le uls plus fréquent, mais encore l'organisation répare moins le déficit qu'ont subi matériaux qu'elle avait préparés pour être mis en œuvre. De là le défaut de nu-tion suffisante qui ne tarde pas à se manifester à la suite des veilles prolongées.
Après avoir établi ainsi la nature du sommeil en général, nous allons examiner els en sont les phénomènes.
Au moment où il s'annonce, les sens cessent de remarquer les impressions uellement faites sur eux, et la conception est totalement ou en grande partie luite à l'inaction. La volonté cesse d'exercer son influence sur les muscles, un ntiment de lassitude se fait sentir dans les paupières, qu'on n'est plus maître de ir ouvertes, on cesse de pouvoir soutenir sa tête, et bientôt la détente se pro-ge au système entier de la vie animale.
Dans l'état de sommeil complet, la plupart des hommes sont privés de tous les ouvements volontaires. Les mouvements organiques, et ceux qui, bien qu'in-lontaires, reconnaissent cependant jusqu'à un certain point l'empire de la vo-nté, comme ceux de la respiration, continuent seuls, et ces derniers ne perdent e leur part de soumission aux ordres de la volonté. Les battements du cœur et mouvements respiratoires sont un peu plus rares. Certains muscles de la vie

animale redoublent d'activité, et sont comme délivrés d'un contre-poids qui les gêne pendant la veille : tels sont quelques muscles de l'œil, et ceux des membres chez les oiseaux qui dorment sur deux pattes ou sur une seule. Les yeux d'une personne qui dort se placent toujours dans une situation particulière ; ils se dirigent en dedans et en dehors, dès l'instant même où l'on commence à s'endormir, et ce mouvement devient plus prononcé dans les affections nerveuses, par exemple dans l'épilepsie et la catalepsie. De là vient que l'œil fermé d'un homme qui dort a une toute autre expression que celui d'un cadavre ; l'iris est contracté, et la pupille étroite ; au moment du réveil, la pupille s'agrandit toujours, elle acquiert d'abord une très grande largeur, et ne revient que peu à peu, par des oscillations successives, au terme moyen de ses dimensions habituelles.

L'homme qui dort a besoin d'une plus grande masse de chaleur extérieure que celui qui veille, et souvent il arrive qu'en se réveillant on est plus sensible à l'impression du froid.

Si les idées n'entrent pas dans un calme parfait, il survient des rêves qui, la plupart du temps, se réduisent à des idées simples, mais qui peuvent aussi rouler sur des associations d'idées, et s'accompagner, comme durant la veille, d'actions accomplies par les muscles de la vie animale. Cet état continue d'être un rêve tant que l'imagination subit une gêne, une contrainte, qui met les phénomènes intellectuels de la personne en contradiction avec la pensée ordinaire de cette même personne. Les idées du rêve ressemblent à celles de la veille, en ce qu'elles roulent sur tous les temps passés, de même que, quand on veille, on peut reporter sa pensée sur tous les temps qui se sont écoulés, et s'occuper tantôt des événements du jour précédent, tantôt de ceux qui ont lieu plusieurs années auparavant. Si les idées ont une certaine stabilité pendant la veille, elles se reproduisent aussi en songe. Quelques personnes, au contraire, rêvent plus volontiers des temps passés. Les aveugles qui ont perdu la vue depuis longtemps ne rêvent plus de choses visibles, et, dans leurs songes, les objets extérieurs se représentent à eux tels qu'ils les aperçoivent quand ils sont éveillés ; cependant il y a des aveugles qui rêvent pendant fort longtemps d'objets visibles. Un homme de soixante-six ans, qui avait perdu la vue depuis dix-huit années, était dans ce cas, mais les objets qu'il voyait ainsi en songe se rapportaient toujours au temps où il jouissait encore de la faculté visuelle ; il suffit donc pour cela que les parties internes de l'organe de la vue conservent l'aptitude à former des images, et que la mémoire rappelle celles qui avaient été produites avant l'époque de la cécité (1).

Dans les rêves les plus simples, l'activité de l'âme se réduit à opérer sur des idées simples ou des associations d'idées simples, sans s'élever jusqu'aux idées générales. C'est aussi ce qui arrive pendant l'ivresse, à cause de la gêne qu'éprouvent les états organiques du cerveau. De là résultent des visions. De même que les sens sont mis en jeu par des excitations intérieures, de même ils peuvent l'être également par celles du dehors, quand ces dernières ont assez de force. Mais les impressions extérieures sont mal interprétées, à cause de la faiblesse du jugement pendant le sommeil. L'homme qui dort se trouve dans une situation gênante, et il croit qu'on le tient attaché ; il a ses bras croisés sur la poitrine, et s'imagine être

(1) Frorier's *Notizen*, 888, p. 119.

tenu par d'autres personnes. Assez souvent même, en pareil cas, l'âme produit s images des personnes agissantes qui sont nécessaires pour correspondre à cette ée. Celui qui dort éprouve la sensation causée par la plénitude de la vessie; ais, croyant être éveillé et hors du lit, cette sensation peut le solliciter à satisire le besoin qu'il ressent. L'excitation des parties génitales donne lieu, en rêve, la production d'images voluptueuses. La lueur d'une lampe qui brûle pendant n'on dort et son extinction exercent également de l'influence sur les rêves. La ssation d'un bruit auquel on était accoutumé en dormant, comme, par exemple, lui d'un moulin, provoque des idées dans l'âme, tout aussi bien que le ferait un ruit inopiné. Prévost a réuni plusieurs autres exemples de rêves qu'il avait observés ır lui-même (1). Les passions dominantes influent aussi sur le caractère des nges; les passions déprimantes font rêver de choses tristes et effrayantes.

Il arrive parfois qu'on raisonne en rêve avec plus ou moins de justesse. On fléchit sur des problèmes, et l'on se félicite d'en avoir trouvé la solution. Cependant, lorsqu'on s'éveille à temps, on trouve souvent que les résultats auxquels on voyait être arrivé sont purement illusoires, et que la solution dont on se réjouissait n'a pas le sens commun. De même, on rêve qu'une personne propose une nigme, dont on ne peut trouver le mot, qu'à la fin elle indique. Si l'on ne éveille pas sur-le-champ, et qu'ensuite on ne conserve qu'un souvenir confus de rêve, on éprouve de la surprise; mais, si l'on se réveille aussitôt, et qu'on nisse comparer l'énigme avec la réponse, on trouve que celle-ci est absurde, ce ne du moins j'ai plus d'une fois éprouvé sur moi-même. Dans les rêves composés demandes et de réponses, tout le merveilleux se réduit à ce que les arguments our et contre qu'on imagine soi-même sont associés aux images de deux personnes ifférentes, comme ces idées pourraient l'être à d'autres signes. Quelquefois la uestion qu'on pose en songe ne reçoit pas de réponse, parce que nous serions capables d'en faire une nous-mêmes.

Il arrive parfois que nous rêvons de situations bizarres, ayant en quelque sorte caractère de pressentiments, c'est-à-dire que des états possibles s'offrent à nous mme des idéalités imagées, et l'événement peut ensuite s'accorder avec notre ve, sans qu'il y ait là rien de merveilleux, puisque tout ce qui est possible peut réaliser. Par exemple, une personne nous intéresse vivement : nous la connaisns assez bien, sans toutefois être parfaitement édifiés sur son compte; nous la oyons franche et véridique, et cependant nous avons quelque sujet de soupçonner u'elle ne possède pas réellement ces qualités; en rêvant d'elle, nous la plaçons ans des situations qui font ressortir son défaut de franchise et de véracité; qu'enite nos soupçons à son égard viennent à se justifier, le rêve que nous avons eu ous paraît surprenant, et cependant ce n'était qu'un jeu de marionnettes, dirigé ar une idée conjointement avec laquelle marchaient les passions de la crainte et e l'amour. Certains malades voient en songe des personnes qui leur conseillent de ire telle ou telle chose, dont parfois ils se trouvent bien : les médecins, qui ont bservé beaucoup de ces rêves prophètes, ont remarqué aussi qu'il leur arrive fréuemment de se prescrire des remèdes évidemment nuisibles, et qui par conséuent sont mis de côté.

(1) *Biblioth. univ.*, 1834, mars.

Le vague des idées est la plupart du temps tel, dans les rêves, qu'on ne sait même pas qu'on rêve. Les images sont présentes dans les sens; elles offrent autant de garantie de leur existence réelle que le pourraient faire les objets extérieurs eux-mêmes, dont nous ne savons rien que par les impressions qu'ils exercent sur nos organes. Quand donc nous avons perdu la faculté d'analyser les phénomènes sensoriels, il n'y a pas de raison pour qu'on en admette la non-réalité ; l'homme éveillé lui-même qui éprouve des hallucinations, les prend pour des réalités lorsque ses aptitudes mentales sont peu développées. Mais parfois aussi, quand le rêve se rapproche beaucoup de l'état de veille, on sait très bien qu'on rêve, et, malgré l'intime conviction qu'on en a, on peut cependant continuer de rêver.

Un phénomène assez ordinaire consiste à rêver qu'on ne peut exécuter des mouvements qu'on a pourtant l'intention de produire : nous voulons fuir un danger, et nous ne le pouvons pas. Ici le rêve correspond à l'incapacité réelle dans laquelle le *sensorium* se trouve de donner lieu aux effets du principe nerveux qui sont nécessaires pour produire des mouvements volontaires; il peint l'enchaînement de la puissance organique du *sensorium*. Quelques personnes conservent pendant leurs rêves un certain empire sur les mouvements volontaires : elles parlent, tantôt confusément, tantôt d'une manière claire, en dormant et en rêvant. A cette catégorie doit être aussi rapporté le sommeil dans des positions pénibles, celui des postillons sur leurs chevaux, celui des oiseaux debout et parfois même sur une seule patte. Pour dormir et rêver, il suffit de l'obscurcissement d'une grande partie des idées auxquelles l'esprit est accessible pendant la veille; mais celles qui conservent encore de l'activité peuvent influer sur les organes du mouvement lorsque le sommeil n'est pas trop profond. On voit que nous nous rapprochons beaucoup ici des états pathologiques du sommeil. Tenir des discours cohérents tandis qu'on dort, se lever du lit, accomplir tel ou tel acte, ce sont là des phénomènes de même espèce absolument. Le somnambule est presque au même degré que l'homme qui dort debout, que l'oiseau qui dort sur une patte.

Le plus simple degré de somnambulisme s'observe chez les enfants doués d'un système nerveux irritable, qui s'agitent pendant le sommeil, appellent, crient, se laissent consoler, comprennent les discours qu'on leur adresse, ouvrent même les yeux, et reconnaissent les personnes, mais qui cependant, malgré leur aptitude à exercer des mouvements volontaires et à recevoir des impressions par les sens, sont longtemps encore avant qu'on puisse les arracher au rêve qui les tourmentait. Ici la conception est éveillée jusqu'à un certain point; mais elle ne peut produire d'idées suffisamment claires pour ramener l'équilibre dans la masse troublée des idées. Cet état ressemble à celui d'un homme qui commence à s'éveiller, avec lequel on peut s'entretenir, mais qui ne donne que des réponses confuses, et qui mêle tout ce qui se passe autour de lui avec les images et les idées dont sa tête était pleine quand il rêvait. A un degré plus élevé de somnambulisme, l'homme qui rêve quitte son lit : il vit complétement au milieu des idées et des sensations liées à la masse confuse de ses idées, accomplit de cette manière des actions complexes, souvent très hasardeuses, sans avoir la conscience du danger, et se comporte alors comme l'enfant que le danger ne fait pas non plus trembler, parce qu'il ne le connaît pas. Marcher sur un plan incliné ne présente aucune difficulté pourvu qu'on ignore que ce plan est placé à une grande distance du sol, et nous

nperions sans peine sur certains toits, s'ils étaient très rapprochés de terre. Le nambule n'associe que ce qui a des relations avec la masse troublée de ses s : toutes les autres idées sont pour lui comme si elles n'existaient point. Il , il entend, et rien d'étranger au cercle d'idées dans lequel il vit ne le trouble, qu'il ne s'éveille pas,

u sommeil succède le réveil, quand le cerveau a complétement recouvré la lté de provoquer les états organiques nécessaires à l'exercice de la conception e la pensée. Les états du corps recommencent alors à faire une vive impres- . Mais on peut aussi être tiré prématurément du sommeil, lorsque les sensa- s produites par les objets extérieurs ou les images dont se composent les rêves ssez de vivacité. C'est surtout quand on éprouve en songe de vives émotions, 'anxiété, etc., qu'on s'éveille aisément; en effet, pendant le sommeil, comme nt la veille, les émotions provoquent des actions matérielles, et l'irradiation ropage peu à peu jusqu'au cerveau de la personne endormie.

elui qui s'éveille se souvient des dernières impressions dont ses sens ont été pés, de l'endroit où il est, de la pièce dans laquelle il a dormi, de la ville où trouve; la mémoire lui retrace bientôt l'époque de la journée, et il corrige nent les erreurs dans lesquelles il pourrait tomber à cet égard. Quelquefois ercle des idées est tellement restreint pendant le sommeil, et si différent du s ordinaire des pensées pendant la veille, qu'en s'éveillant on est forcé de eillir ses esprits pour se rappeler ce que l'on est.

ous les animaux participent plus ou moins au sommeil, remarque qu'avait faite Aristote. Quelques uns aussi rêvent, comme les chiens qui jappent en nant. Chez plusieurs, en particulier chez ceux à sang froid, les périodes sont s tranchées et moins régulières: cependant ceux-là même paraissent éprou- quelque chose qui ressemble au sommeil: les grenouilles, qui coassent une e de la nuit en été, s'apaisent pour la plupart après minuit, surtout lorsque mps des amours est passé. On trouve souvent les insectes et les araignées dans tat de repos somnolent, et il est probable que tous les animaux chez lesquels 'a point observé de périodes régulières de sommeil et de veille, ont un équi- nt du sommeil dans l'inertie qui survient de temps en temps chez eux (1).

ans l'espèce humaine, les complexions abondamment chargées de sucs dor- t plus longtemps, et éprouvent un besoin plus impérieux de sommeil. Le con- e a lieu pour les personnes maigres. Le sommeil est moins nécessaire aux mes vifs, énergiques, difficiles à fatiguer, qu'à ceux qui, ayant également de vacité, sont en même temps irritables et s'épuisent promptement. Le sommeil plus long et plus nécessaire dans la jeunesse que dans l'âge avancé, ce qui it tenir à la prédominance des phénomènes de nutrition pendant la première es deux périodes de la vie. De là vient que l'enfant nouveau-né dort presque ours. Tant que l'activité organisatrice trouve des matériaux suffisants dans la riture, l'enfant est très disposé à dormir, et il ne s'éveille que quand il sent esoin d'aliments. Chez l'adulte aussi, une nourriture abondante porte à la som- nce, tant parce que le système organique est fort occupé et trouble la réaction

) C. F. Burdach (*Traité de physiologie*, t. V, p. 185 et suiv.) a fait un bon chapitre sur mmeil, que l'on consultera avec intérêt.

de la vie animale, que parce que les substances encore grossières et non assimilées qui s'introduisent dans le sang influent sur l'état organique du cerveau. Les irritations générales de la peau, les frictions, les bains, et autres impressions analogues faites sur le *sensorium*, se rangent également parmi les influences qui favorisent le sommeil ; il en est de même de toutes les modifications internes apportées au *sensorium* par des substances calmantes et narcotiques (1).

(1) J'emprunte à M. le docteur Carpenter (*Cyclopædia of anatomy and physiology*, article SLEEP) des détails sur le *somnambulisme*, lesquels sont nécessaires à l'histoire complète du sommeil.

« Les phénomènes du somnambulisme sont si variés, qu'il est très difficile d'en donner une définition les comprenant tous ; et nous préférons caractériser cet état en disant qu'on peut le considérer comme un *rêve en action*, différant du rêve ordinaire dans les deux points qui suivent. D'abord, la suite des pensées est plus sous la direction des sensations venues du dehors ; en second lieu, le système musculaire est tout à fait sous le contrôle de l'esprit, de sorte que non seulement il donne l'expression aux émotions de l'âme, mais encore agit conformément aux ordres de la volonté. Dans le vrai somnambulisme, comme dans le rêve, il y a, ce semble, défaut absolu de la volonté pour régler le cours de la pensée, mais il n'y a pas le même degré d'activité mentale ; et, en particulier, l'opération du principe associatif est tellement restreinte, qu'on n'y observe peu ou point de cette incohérence ou incongruité d'idées qui est si spéciale au rêve ordinaire. Au contraire, le raisonnement y procède parfois avec une clarté et une correction extraordinaires, l'esprit s'y fixant avec force à l'exclusion de toute autre considération. Ce caractère exclusif est, en effet, un des traits les plus remarquables de cet état. Tant que l'attention demeure attachée sur un objet quelconque, soit perçu par les sens, soit accusé par un acte de conception, rien autre chose n'est senti. De cette façon peut surgir une complète insensibilité à la souffrance corporelle, attendu que le somnambule n'a d'attention que pour ce qui se passe en son esprit. Mais, en un instant, en dirigeant l'attention sur les organes des sens, l'anesthésie peut être remplacée par la sensibilité la plus vive. De même aussi, quand l'attention est fixée sur un certain enchaînement d'idées, tout ce qui se dit d'accord avec ces idées est entendu et apprécié par le somnambule ; mais tout ce qui est en désaccord passe entièrement inaperçu. Le caractère des opérations intellectuelles offre la même particularité. Comme il vient d'être dit, les procédés du raisonnement sont ordinairement conduits avec exactitude, de sorte que la conclusion sera bonne pourvu que les données aient été correctes. Ainsi un mathématicien résoudra un problème difficile, un orateur fera un discours appproprié à un sujet donné. Mais le défaut ordinaire des opérations conduites d'après cette condition, c'est que, conformément à cette intensité même, l'attention est détachée des considérations qui devraient les modifier ; de la sorte, il arrive que le résultat est souvent d'une inconséquence palpable avec les enseignements de l'expérience ordinaire, et le omnambule le reconnaît dès que ces enseignements lui sont remis devant l'esprit.

» L'état de somnambulisme peut se transformer en celui du rêve ordinaire, de sorte qu'il est difficile de tirer une ligne de démarcation entre les deux. Ainsi le parler ordinaire dans le sommeil peut être rapporté à l'une ou à l'autre condition, suivant la définition qu'on adoptera. Dans la nôtre, ce parler appartient au somnambulisme, parce que les mouvements vocaux sont l'expression de ce qui se passe dans l'esprit, et parce que, dans la plupart des cas de ce genre, le parleur en rêve entend et comprend ce qui lui est dit, pourvu que cela s'accorde avec le cours de ses propres pensées, et il répondra raisonnablement, de manière à soutenir une conversation. Ainsi nous avons connu une jeune fille qui, dans le temps qu'elle était à l'école, se mettait souvent à parler une heure ou deux après s'être endormie ; ses idées roulaient presque toujours sur les événements du jour précédent ; et, si on l'encourageait par des questions qui la guidassent, elle rendait un compte très distinct et très cohérent ; révélant souvent ses propres peccadilles et celles de ses compagnes, et exprimant un grand repentir pour les siennes tout en paraissant hésiter à faire connaître les autres. Mais, pour tous les sons ordinaires, elle semblait parfaitement insensible ; un bruit fort l'aurait éveillée, mais il n'était pas perçu dans l'état de sommeil parlant

LIVRE SEPTIÈME.

DE LA GÉNÉRATION.

SECTION I.

DE LA GÉNÉRATION SANS LE CONCOURS DES SEXES.

CHAPITRE PREMIER.

multiplication des êtres organisés par l'effet de l'accroissement.

Végétaux.

**ffit de comparer en gros ce que sont les végétaux parvenus à l'état adulte
qu'ils étaient dans les premiers moments de leur existence, pour recon-**

terlocuteur lui adressait des questions ou observations qui n'entraient pas dans le cours
lées, elles ne faisaient aucune impression. Toutefois, avec un peu d'adresse, on pouvait
parler sur toute espèce de sujets; il suffisait de ménager graduellement les transitions.
ens bien connu de l'officier dont parle le docteur James Gregory appartient à cette classe
diaire, plus près, nous pensons, du somnambulisme que du rêve ordinaire. Cet officier
uit dans l'expédition à Louisburgh, en 1758, avait l'habitude *de jouer* ses rêves, et l'on
en diriger le cours en murmurant à son oreille, surtout si cela venait d'une voix qui lui
lière. Aussi ses compagnons dans le voyage s'amusaient perpétuellement à ses dépens.
ils le conduisirent à travers toute une scène de querelle qui finissait par un duel; et,
es parties furent supposées au rendez-vous, un pistolet fut mis dans sa main, il lâcha la
et le bruit le réveilla. Une autre fois, le trouvant endormi sur un coffre dans la cabine,
irent croire qu'il était tombé par-dessus le bord et l'exhortèrent à se sauver en nageant ;
il imita les mouvements de natation. Alors ils lui dirent qu'un requin le poursuivait, et
èrent de plonger pour échapper au péril. Il le fit à l'instant avec une telle force qu'il se
haut du coffre sur le plancher; ce qui lui causa des contusions et naturellement le ré-
près le débarquement de l'armée à Louisburgh, ses amis le trouvèrent un jour endormi
tente et manifestement très ennuyé par la canonnade. Ils lui firent croire qu'il était au
quoi il exprima une grande crainte et une disposition évidente à s'enfuir. Là-dessus ils
t des remontrances, mais, en même temps, ils accrurent ses craintes, en imitant les gé-
nts des blessés et des mourants ; et, quand il demandait, ce qu'il faisait souvent, qui
bé, ils lui nommaient ses amis particuliers. Enfin ils lui dirent que l'homme qui en ligne
plus près de lui venait de tomber; aussitôt il sauta hors de son lit, s'élança hors de sa
t fut tiré du péril et du rêve en trébuchant sur les cordes des piquets. Après ces expé-
il n'avait point de souvenir distinct de ses rêves, mais seulement un sentiment confus
sion et de fatigue, et, d'ordinaire, il disait à ses amis être sûr qu'ils lui avaient joué
tour. Ceci est un autre point de conformité avec le somnambulisme dont c'est un des
plus caractéristiques de ne conserver, dans l'état de veille, aucun souvenir des pensées
tes survenus dans le cours de l'abcès somnambulique.
cas remarquable de somnambulisme spontané que nous avons observé nous-même ser-

naître que leurs organes se multiplient pendant l'accroissement, et que des | qui, chez la plante très jeune, sont uniques ou du moins en petit nombr viennent très nombreuses durant l'âge adulte. La tige continue de se diviser médian se répète en plusieurs axes latéraux qui, à leur tour, jouent le rôle

vira à éclairer plusieurs des traits les plus spécieux de l'état dont il s'agit. Le sujet était ur dame d'un tempérament très nerveux ; et l'affection survint dans le cours d'une longue et maladie durant laquelle toutes les formes de l'hystérie, de l'épilepsie, du coma et de la p s'offrirent successivement. Quoique d'habitude le somnambulisme naturel naisse du s ordinaire, toutefois, dans cette circonstance, la patiente avait coutume de passer directe l'état de veille à l'état de somnambulisme ; la transition étant immédiatement manifes l'expression particulière de la physionomie. Dans cette situation, les idées étaient d'abor entièrement sur un seul objet, la mort de son frère unique, qui était arrivée quelques auparavant. Elle lui avait été très attachée, et l'avait soigné dans sa dernière maladi parlait constamment de lui, retraçait toutes les circonstances de sa maladie, et ne percev de ce qui lui était dit sans avoir un rapport direct à ce sujet. Une fois elle prit le ma sœur pour le frère qu'elle avait perdu, s'imagina qu'il était venu du ciel pour la visiter, avec lui une longue conversation sous cette impression. Cette conversation était parfai raisonnable de son côté, déduction faite de l'erreur fondamentale de sa donnée. Une au il arriva que, quand elle tomba en cet état, sa sœur, qui était présente, se trouva po bracelet contenant des cheveux du frère défunt. Aussitôt que la patiente aperçut ce b elle s'efforça violemment de s'en emparer, et ne fut satisfaite que quand elle l'eut en sa sion. Avoir reconnu ce bracelet sans reconnaître en même temps que c'était sa sœur qui fait, est un fait très curieux qui peut être expliqué de deux façons, toutes deux d'accor les lois du somnambulisme. Ou bien la concentration de ses pensées sur cet unique obj se rappeler seulement ce qui était immédiatement en connexion avec son frère ; et n'av conscience de la présence de sa sœur pourrait être dû à l'absence de cette dernière lor mort du frère, d'où résultait que cette sœur était moins rattachée à lui dans les idées de l nambule. Ou bien il se peut qu'elle eût été dirigée vers ce bracelet par le sens de l'odor est souvent exalté d'une façon très singulière dans le somnambulisme. La sensibilité de tiente était tellement excitée par la possession du bracelet, qu'on jugea prudent d'en inter le cours ; et, comme elle était inaccessible à toutes les prières sur ce sujet, la force fut em pour le lui ôter ; mais elle était tellement déterminée à ne pas s'en séparer, et si irrité douce violence qu'on lui faisait, qu'on dut renoncer à la tentative. Au bout d'un peu de elle se calma, et enfin entra dans le sommeil ordinaire qui, pour elle, était le successeur d'être le prédécesseur du somnambulisme. Avant de s'endormir toutefois, elle mit le b sous son oreiller, disant : « Maintenant je l'ai bien caché, on ne me le prendra pas. » Le main matin, en s'éveillant, elle n'avait pas la moindre conscience de ce qui s'était passé l'impression de l'irritation éprouvée persistait ; car elle dit à sa sœur : « Je ne sais ce fait éprouver ce sentiment ; mais, chaque fois que S... s'approche de moi, j'ai un reste de fr S... était un serviteur qui, en raison de ses soins, avait gagné l'attachement de la patient qui avait été le principal acteur de la veille. Ce sentiment s'éteignit peu à peu. Quelque après, le somnambulisme revint ; et, alors étant dans son lit, la patiente commença de ch le bracelet sous son oreiller ; comme, dans l'intervalle, on l'avait ôté pour ne pas réveiller sibilité, elle ne put le trouver ; sur quoi elle exprima un grand désappointement, et co de tâter pour le chercher, répétant : « Il doit être ici, je l'y ai mis il y a quelques minu personne ne peut l'avoir pris. » Dans cet état, sa colère contre S... revint. La patiente é plusieurs attaques subséquentes, et, à chacune, le ressentiment contre S... reparaissait. sorte, son état était très voisin de celui de la *double conscience*, très curieuse affection où l semble mener deux vies distinctes, A et B, l'une ne se souvenant pas de ce qui se pass l'autre, mais chacune, ce semble, continue avec elle-même.

» Le cas précédent est très propre à éclaircir le caractère général du somnambulisme avons maintenant à noter quelques uns des phénomènes particuliers que présentent les ca viduels. Le premier à signaler est l'exaltation extraordinaire de la sensibilité aux impr

médians par rapport à de nouveaux axes latéraux. Le nombre des feuilles, d'abord très borné, va sans cesse en augmentant. Cependant une observation plus attentive ne tarde pas à faire connaître que cette augmentation pendant l'accroissement ne consiste pas en une simple multiplication des organes d'un seul individu, et que

externes par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs organes des sens. Nous en avons nous-même été particulièrement frappé dans le somnambulisme amené par le procédé *hypnotique* de M. Braid (*Neurypnology, or the rationale of nervous sleep, considered in relation with animal magnetism*). Nous avons vu des preuves incontestables que l'odorat avait été porté à une acuité égalant au moins celle des animaux ruminants ou carnivores qui ont le meilleur nez; que l'ouïe était devenue également très perçante; et que le toucher avait gagné, surtout par rapport à la température, un degré à peine croyable, si ces phénomènes n'étaient en pleine concordance avec l'exaltation des autres sens. Nous ne remarquons pas que la vue ait éprouvé une modification semblable; chez la plupart des somnambules, elle est complétement suspendue; et ceux qui prétendent posséder la faculté de clairvoyance, de lire des mots enfermés en des boîtes opaques, etc., rapportent une telle faculté non pas à aucune acuité extraordinaire de leurs organes visuels, mais au développement d'un pouvoir entièrement nouveau, qui n'a pas besoin d'un instrument optique tel que l'œil. Parmi les sens, le plus communément exalté dans le somnambulisme, est le *sens musculaire*, par lequel tous nos mouvements volontaires sont guidés; et il paraît assez croître en acuité pour remplacer complétement la vue dans beaucoup d'opérations pour lesquelles l'œil est ordinairement requis. Ainsi nous trouvons que des somnambules cheminent sur le toit des maisons, traversent d'un pas ferme des planches étroites, et même gravissent des précipices; et cela, avec bien moins d'hésitation qu'ils ne feraient pendant la veille. De fait, ils paraissent n'avoir aucune conscience du danger couru, et, toute l'attention étant fixée sans distraction sur les indications du sens musculaire, ils accomplissent, sous sa direction, avec fermeté et assurance les mouvements nécessaires. Ainsi encore, il est bien connu que des somnambules écriront, avec leur degré habituel de netteté et de régularité, si quelque chose les y détermine, bien qu'il soit certain qu'ils ne peuvent voir. Nous en avons nous-même été témoin dans des expériences *hypnotiques* sur deux sujets, et nous nous sommes assuré que la vision ne fournissait aucun secours, car nous avons tenu un gros volume entre les yeux et la main de l'écrivain. Non seulement les lignes étaient bien écrites et à distances convenables, mais encore les *i* étaient ponctués et les *t* barrés; et, dans un cas, l'écrivain remonta une ligne et demie pour faire une correction, barrant un mot et écrivant un autre au-dessus, avec autant de précision que s'il eût été guidé par la vision. L'impression donnée ici par le sens musculaire peut être comparée à celle que nous en recevons nous-mêmes, quand, dans l'obscurité, montant ou descendant des escaliers, ou traversant un passage, dont nous avons l'habitude, nous savons que nous sommes au bout sans avoir compté nos pas ni observé en aucune façon notre acheminement, mais simplement par l'information que nous recevons du sens musculaire.

» Le second point à noter, c'est la facilité avec laquelle les pensées peuvent être dirigées dans l'état de somnambulisme, par le principe de *suggestion*. Ceci se montre peut-être plus dans le somnambulisme artificiel ou provoqué que dans le somnambulisme naturel; car, dans ce dernier, il y a fréquemment, comme il a été déjà dit, quelque idée dominante de laquelle l'attention du somnambule ne se laisse pas facilement détourner. Mais, dans le premier, l'esprit est comme une girouette, sans la moindre fixité ou empire sur soi-même, et susceptible d'être tourné dans toutes les directions par les impressions auxquelles on le soumet. C'est une des plus curieuses et importantes découvertes de M. Braid, que les suggestions introduites par l'intermédiaire du sens musculaire sont parmi les influences les plus capables de déterminer le cours de la pensée. Mettez le visage, le corps ou les membres dans l'attitude exprimant un sentiment particulier, ou, en somme, dans une condition correspondante à celle où ils seraient pour l'accomplissement d'une action volontaire quelconque, et aussitôt l'état mental correspondant sera éveillé. Ainsi, la main étant placée sur le vertex, le somnambule, la plupart du temps, se redressera spontanément de toute sa hauteur et rejettera légèrement la tête en arrière; alors sa contenance prend l'expression de l'orgueil le plus vif, et son esprit en est manifestement possédé. Si ce premier acte ne provoque pas le reste, il suffit d'étendre les jambes et l'épine, et de porter

la plante adulte représente un système tout entier d'individus, ou un multiple de l'individu qu'elle constituait dans son jeune âge. Le fait est démontré par les propriétés dont jouissent les parties qui viennent à être détachées de ce système. Une branche qu'on sépare du tronc, et qu'on fiche en terre, ressemble parfaitement au végétal d'où elle provient, continue de vivre en augmentant toujours la

un peu la tête en arrière, pour susciter le sentiment et l'expression correspondante avec une pleine intensité. Durant la plus complète domination de ce sentiment, courbez la tête en avant, fléchissez doucement le corps et les membres du somnambule, et la plus profonde humilité y succède. Derechef, si l'on écarte doucement l'un de l'autre les coins de la bouche comme dans le rire, une disposition gaie est aussitôt produite; et la mauvaise humeur en prendra immédiatement la place en tirant les sourcils l'un vers l'autre et en bas. Non seulement nous avons été témoin de tous ces effets souvent reproduits sur nombre de sujets *hypnotisés*, mais il nous a été affirmé par un ami très intelligent qui avait donné une attention particulière à la partie psychologique de ces expériences, que, s'étant soumis aux manipulations de M. Braid, et ayant été incomplétement jeté dans l'*hypnotisme*, il se rappelait distinctement tout ce qui avait été fait et pouvait se retracer l'action insurmontable exercée sur son état mental par ce traitement de son appareil musculaire.

» Non seulement de simples émotions, mais encore des idées déterminées peuvent être excitées de cette façon. Ainsi levez la main du somnambule au-dessus de sa tête et fléchissez les doigts sur la paume, l'idée de grimper, de se balancer, de tirer une corde, etc., est provoquée. Si, au contraire, on fléchit les doigts tout en laissant pendre le bras le long du côté, l'idée qu'on excite est celle de soulever un poids ; et, si les doigts sont fléchis, le bras étant porté en avant dans la position de donner un coup, c'est l'idée de boxer qui surgit. Le pouvoir de l'opération pour régler l'état mental de tels somnambules est presque illimité et paraît incroyable à ceux qui ne discernent pas le très simple principe dont il dépend. La facilité avec laquelle des sentiments ou des idées particulières peuvent être ainsi excitées, est soumise, bien entendu, au caractère donné et aux habitudes du somnambule.

» Un degré extraordinaire de force peut être produit dans des muscles déterminés, comme l'a montré M. Braid, soit par une suggestion appliquée directement, si l'on peut parler ainsi, à ces muscles mêmes, soit par une suggestion indirecte en provoquant l'état mental le plus propre à susciter dans ces muscles une grande énergie. Ainsi on excitera la contraction des muscles extenseurs d'un membre en frottant doucement ou comprimant la peau qui les recouvre; et cette contraction non seulement soulèvera le membre, mais encore le tiendra fixé d'une façon cataleptique bien plus longtemps qu'aucun effort de la volonté n'aurait pu faire. On fera cesser cette contraction, quand on voudra, en dirigeant sur cette même peau un courant d'air, par lequel l'attention semble détournée des muscles sur cette membrane. Pour susciter une force extraordinaire dans un groupe de muscles par un procédé mental, il suffit de suggérer l'action et d'assurer au somnambule qu'il peut la faire avec la plus grande facilité s'il le veut. Ainsi nous avons vu un des sujets *hypnotisés* de M. Braid, un homme remarquable pour la pauvreté de son développement musculaire, soulever un poids de 14 kilogrammes sur son petit doigt seul, et le faire tourner autour de sa tête, sur la seule assurance qu'il était aussi léger qu'une plume. Nous avons toute raison de croire que le caractère de cette personne la plaçait au-dessus du soupçon de fraude; et il est clair que, s'il avait eu la pratique d'un tel tour de force, tour que, même les hommes les plus forts, ne pourraient exécuter sans exercice, cela aurait été visible dans le développement de son système musculaire. La même personne se déclara tout à fait incapable de soulever un mouchoir de dessus la table après plusieurs efforts en apparence énergiques; il est vrai qu'on lui avait assuré que c'était un poids trop lourd pour lui. Sans doute, en ce cas-ci, il n'y a pas la même preuve d'absence de fraude que dans le précédent ; mais, si la réalité du premier est admise, le second ne peut faire difficulté, car tous deux sont des manifestations de cette condition mentale qui, nous l'avons vu, caractérise un tel état, à savoir la possession de l'esprit par une idée dominante, idée qui, infusée ce semble, par le principe de suggestion, dirige les mouvements corporels et n'est pas corrigée par les enseignements de l'expérience ordinaire ni

nasse de ses propres forces. Une portion de cette branche, c'est-à-dire un rameau, se comporte absolument de la même manière. Il existe une foule de végétaux dont on peut propager l'espèce en détachant l'extrémité de l'axe, pourvu qu'elle contienne encore de la tige et des feuilles. La portion ainsi isolée ressemble au jeune âge de la plante venue de graine, et chaque partie similaire d'un arbre pouvant

nème par des sensations actuelles, pourvu que l'assurance donnée à l'esprit soit assez forte pour es faire mettre de côté.

» Quant aux causes du somnambulisme, on ne peut en rien dire de précis. Chez quelques ersonnes cet état revient fréquemment ou même habituellement; chez d'autres, par occasion. eux chez qui il se présente spontanément sont dits somnambules naturels ; mais le somnamulisme peut être provoqué non seulement chez eux, mais encore chez des sujets qui n'y ont anifesté aucune prédisposition, par des procédés artificiels. En beaucoup de cas, cela peut tre effectué par l'esprit seul, la simple attente du résultat suffisant pour l'amener. Ainsi l'abbé 'aria était dans l'usage de provoquer le somnambulisme en plaçant son patient dans un fauteuil et après lui avoir recommandé de fermer les yeux et de faire attention sur soi-même, en rononçant d'un voix forte et d'un ton impératif le mot : dormez ; ce qui généralement produisait sur le sujet une impression assez forte pour donner une légère commotion et causer de la haleur, ou la transpiration, et, parfois, le somnambulisme. Le cas suivant est un autre exemple le l'effet de cet état d'attente, concurremment avec l'immobilité de l'attitude. Le sujet en était ne dame, qui précédemment avait montré beaucoup de susceptibilité pour les procédés *mesmériques* et *hypnotiques*. Nous lui demandâmes de demeurer paisiblement au coin du feu, de penser à ce qu'elle voudrait, et de regarder où il lui plairait, excepté sur nous-même; nous nous plaçâmes derrière son siége, lui disant que nous essayons un nouveau procédé et qu'elle e troublerait si elle se retournait. Alors, très tranquillement, nous prîmes un volume qui se trouvait sur la table, et nous nous en amusâmes pendant environ cinq minutes, quand, levant es yeux, nous pûmes voir, par les physionomies excitées des membres de notre petite société, que a jeune dame avait été derechef magnétisée. Nous apprîmes de ceux qui l'avaient attentivement urveillée durant notre petit stratagème, que tout avait marché exactement comme dans les autres rocédés. La dame même, avant d'avoir été détrompée, déclara avoir eu l'impression distincte de os passes le long du cou.

» Peut-être le plus efficace de tous les procédés pour provoquer le somnambulisme est celui ui a été découvert par M. Braid et pratiqué par lui sur une grande échelle sous le nom d'*hypnoisme*. Voici la description de son procédé : Prenez un objet brillant (par exemple un porte-mcette) entre le pouce et les doigts indicateur et médian de la main gauche; tenez-le à une listance de 8 à 15 pouces des yeux, dans une position telle au-dessus du front qu'il exerce le lus d'action sur les yeux et les paupières, et qu'il mette le patient en état d'avoir le regard fixé lessus. On fera entendre au patient qu'il doit tenir constamment les yeux fixés sur l'objet et l'esrit uniquement attaché à l'idée de cet objet. On observera qu'en vertu du *consensus* des yeux es pupilles se contracteront d'abord ; bientôt après elles se dilateront ; et, après s'être ainsi conidérablement dilatées et avoir pris un mouvement de fluctuation, si les doigts indicateur et médian de la main droite, étendus et un peu séparés, sont portés de l'objet vers les yeux, il est très probable que les paupières se fermeront involontairement, avec une sorte de vibration..... Après un intervalle de dix ou quinze secondes, en soulevant doucement les bras et les jambes, on trouvera que le patient a une disposition à les garder, s'il a été fortement affecté, dans la situation où ils ont été mis. S'il n'en est pas ainsi, vous lui demanderez avec une voix douce de les garder dans l'extension ; de la sorte, le pouls ne tardera pas à s'accélérer beaucoup, et les membres, au bout de quelque temps, deviendront rigides et complétement fixés. On trouvera aussi que, à part la vue, tous les sens spéciaux, y compris le sens pour le chaud et le froid, le sens musculaire, et certaines facultés mentales, sont d'abord prodigieusement exaltés, comme il arrive dans les effets primaires de l'opium, du vin et de l'alcool. Toutefois, après un certain point, à cette exaltation succède une dépression beaucoup plus grande que la torpeur du sommeil naturel. Les sens spéciaux et les muscles peuvent passer instantanément les uns de la plus profonde torpeur, et les

être considérée comme un jeune arbre qui possède l'aptitude à développer arbre entier, il résulte de là qu'on doit voir dans ce dernier un système d'in vidus végétaux qui vivent en société, qui exercent une influence réciproque uns sur les autres, mais qui sont néanmoins aptes à subsister seuls quand on à détruire leur association.

autres de la rigidité tonique à la condition opposée, extrême mobilité et sensibilité exalté suffit de diriger un courant d'air sur l'organe ou les organes que nous désirons exciter, o muscles que nous désirons rendre souples, et qui avaient été dans une sorte de catalepsie. P seul repos, les sens rentreront promptement dans leur premier état. Nous avons souvent ét moin nous-même de la production du somnambulisme par cette méthode ; et, tout en en ad tant la pleine efficacité, nous devons dire que le succès presque invariable qu'elle a entr mains de M. Braid lui-même paraît en partie dû à la condition mentale du patient, qui d'o naire est prédisposé à l'*hypnotisme* par l'attente qu'il sera produit certainement et par l'a rance d'un homme à volonté ferme, déclarant qu'il est impossible d'y résister. Toutefois, q l'état *hypnotique* a été ainsi provoqué un certain nombre de fois, le sujet peut d'ordinaire dormir lui-même facilement en regardant son doigt placé assez près des yeux pour causer convergence sensible de leurs axes, ou même simplement en se tenant tranquille et fixant l gard sur un point éloigné. En tout cas, la fixité des yeux est la circonstance qui a le plus d'in tance, quoique la soustraction des autres stimulants ait une influence décidée pour favorise production de l'effet. La condition particulière du sens musculaire, en tant que perçu à tr p branche ophthalmique de la cinquième paire, semble avoir une relation plus intime avec l subséquent que n'en a la condition du sens de la vue ; car le même effet peut être produit de ou sur des sujets aveugles, si les yeux sont tenus dans une situation fixe, spécialement dans situation qui produise un sentiment de tension musculaire. Et c'est, ce semble, en facilitant que le sens de la vue intervient dans l'opération ci-dessus décrite.

» A notre avis, les recherches expérimentales de M. Braid jettent sur les phénomènes du mérisme plus de lumière qu'il n'en est venu de toute autre source. Que, dans ces phénom il y ait beaucoup de réalité mêlée à beaucoup d'imposture, c'est une conclusion à laquell arrivé plus d'un observateur qui y a donné quelque attention ; et nous ne doutons pas qu investigation conduite d'après les résultats de M. Braid ne mène à une distinction passable correcte entre la réalité et l'imposture. La production du somnambulisme mesmérien nou rait pleinement explicable par les faits rapportés plus haut, quant à l'influence de la condi mentale du patient, savoir, l'attente, et par surcroît la confiance née de l'impression produite l'opérateur, et quant à l'effet de la fixité de l'œil. Les phénomènes ordinaires du somnambuli mesmérien lui-même sont, à beaucoup d'égards, identiques avec ceux de l'*hypnotisme*, exc en ceci, qu'il paraît exister une relation particulière entre le somnambule et le mesmériseu quelle n'existe pas entre le somnambule et tout autre individu, si ce n'est quelque autre qui e rapport avec le magnétiseur. Il n'est peut-être pas déraisonnable de regarder cette relation co le résultat d'une idée dominante qui possédait l'esprit au moment de tomber endormi et qui tinue à l'influencer aussi longtemps que dure le somnambulisme. Nous avons étudié l'his de beaucoup de cas où il était affirmé que le sommeil mesmérique avait été provoqué sans q sujet eût aucune conscience de l'action qu'on voulait exercer sur lui ; mais nous n'avons ja pu nous convaincre qu'il en fût vraiment ainsi. Quand le patient *attendait* l'opération, et s nait tranquille pour qu'elle commençât, l'attente seule suffisait pour amener le sommeil. Q le patient *n'avait pas* une telle attente, toutes les tentatives pour produire le sommeil on notre connaissance, complétement échoué. En conséquence, nous sommes fortement enc croire que la relation entre le mesmérisme et le somnambule a un caractère purement men n'est pas le résultat d'une nouvelle faculté physique. Quant à ce qui a été nommé les *ph mènes supérieurs du mesmérisme*, nous croyons que, sans les regarder comme le résultat d fraude, la plupart sont susceptibles de recevoir une très simple explication d'après les princ déjà posés. En effet, dans le somnambulisme, les sens ou quelques uns d'entre eux sont sou doués d'une merveilleuse acuité ; d'où résulte que l'esprit est déterminé à agir par des *imp*

Le tronc d'un végétal est en quelque sorte le faisceau de tous les individus qui en détachent à une plus ou moins grande hauteur. Aussi diminue-t-il d'autant us de volume qu'il fournit plus de branches, et l'anatomie délicate fait voir ue ce n'est pas seulement la moelle du tronc qui se continue avec celle des anches par le moyen de rayons médullaires, mais que les vaisseaux de tous les jetons se continuent le long de la tige jusqu'aux racines. Chaque fois que l'arbre couvre de nouveaux bourgeons, il se forme, dans son tronc, une couche nou lle de vaisseaux qui correspondent à ces pousses, tandis que les anciennes cou es se lignifient. La prolongation des vaisseaux jusqu'à la racine est nécessaire ns doute pour la nutrition de chaque bourgeon et pour la vie d'ensemble de us les individus, mais elle n'appartient pas nécessairement à la nature de l'in vidu ; car, lorsqu'on détache un bourgeon, la communication se trouve détruite, cependant le bourgeon n'en est pas moins une jeune plante, qui peut continuer vivre, ou même devenir un nouveau système d'individus. Comme ces vais aux viennent des feuilles, celles-ci sont, dans la bouture, ce qui importe le plus l'individu végétal ; et, quoiqu'on ne parvienne pas à obtenir des individus nou aux de la plupart des feuilles, cependant il suffit à la science que la chose soit aticable avec un certain nombre d'entre elles. Ainsi les feuilles du citronnier, de ranger, du *Ficus elastica*, poussent lorsqu'on les fiche en terre; de leur bord issent des bourgeons semblables à ceux qui ont coutume de se développer de xe végétal. La feuille doit donc déjà être regardée elle-même comme un individu sceptible de reproduire le type entier de l'espèce à laquelle elle appartient, et nt elle renferme *en puissance* toutes les parties. En effet, la plupart des organes gétaux sont composés de feuilles ; la théorie des métamorphoses prouve que ntes les parties de la fleur sont des feuilles transformées. D'un autre côté, il faut pas croire qu'une tige à laquelle on a enlevé toute sa couronne de feuilles soit qu'on amas de tronçons d'individus ; même dans cet état de mutilation, tronc est encore un multiple du germe, car il peut naître de lui des bourgeons uveaux. La plante développée est donc, ce que je voulais prouver, un multiple la plante primitive, un système d'individus, qui peuvent être réduits jusqu'aux illes, et qui sont même contenus encore dans le tronc mutilé (1).

is que l'on affirmerait trop faibles pour être perçues ; et ces impressions suggèrent des pensées rovoquent des actes correspondants qui sont souvent tels que la volonté ne pourrait les pro re. Venant à la réalité de la *clairvoyance* attribuée au somnambulisme, les expériences que is avons faites là-dessus nous ont conduit à une conclusion négative. Les sources d'erreur t dans les causes que nous avons mentionnées, et aussi dans la tendance, de la part des assis ts, à venir en aide par des questions suggestives ou dirigeantes et par leur disposition à trans mer la moindre ombre de ressemblance en une coïncidence complète; cette considération lit pour diminuer grandement la surprise qu'on éprouve en trouvant une ferme croyance à phénomènes en des personnes douées, d'ailleurs, d'un excellent jugement et de beaucoup de acité. » P. L.

(1) L'auteur semble adopter ici la théorie de Dupetit-Thouars (*Essais sur la végétation*, Paris, 09, p. 11-31), qui, par une série de faits et de raisonnements, avait été conduit à admettre e les bourgeons se comportent comme de véritables embryons, avec cette différence que les nes qu'ils émettent par leur partie inférieure, au lieu de se plonger tout de suite dans le sol, rent entre l'écorce et l'étui médullaire, jusqu'à ce qu'elles parviennent à s'échapper au de s, sous la forme de racines, soit normales, soit adventives, de sorte que chaque année une

Animaux.

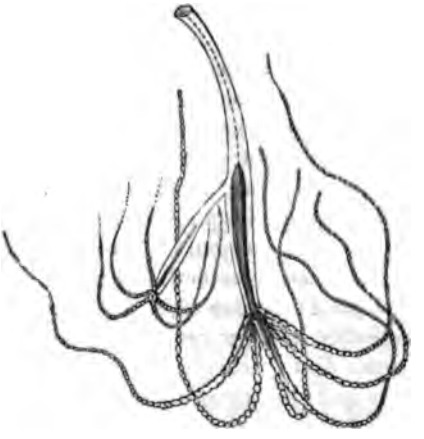
La multiplicabilité, par fait de l'accroissement, de la force existante dans le germe, n'est pas une propriété exclusive des végétaux. Elle appartient aussi aux

nouvelle production de bourgeons (ou embryons fixes) détermine une nouvelle émission de faisceaux radiculaires, dont l'ensemble ajoute une couche au bois et de nouvelles ramifications à la racine. Cette théorie a été largement développée par Gaudichaud (*Rech. gén. sur l'organographie, la physiologie et l'organogénie des végétaux*. Paris, 1841. *Annales des sc. nat.*, 2e série, t. XX, 1844, p. 32-199 ; 3e série, t. I, 1844, p. 263 ; t. II, 1844, p. 33-128-129). Suivant ce savant botaniste, tous les êtres organisés commencent par une cellule ou, en d'autres termes, par un œuf. La cellule organisée produit un être rudimentaire qui, une fois constitué, se développe normalement, avec ou sans régularité, dans toutes ses parties à la fois, pour produire ce qu'on appelle un individu. La loi est générale pour les animaux et les végétaux. Les individus animaux, à quelques exceptions près, restent isolés. Les individus végétaux, au contraire, se greffent dès leur origine (sauf quelques rares exceptions : végétaux utriculaires globuliflores), et forment des associations d'une complexité grande sans doute, mais moindre qu'on ne se le figure généralement. Dans les plantes monocotylédonées, par exemple, l'embryon le plus réduit se compose normalement d'un mérithalle tigellaire, qui seul doit persister, les autres parties, dont quelques unes avortent constamment, se détachant du végétal dès qu'elles ont rempli les fonctions passagères qui leur sont dévolues. Au sommet de ce mérithalle se trouve un bourgeon composé de plusieurs petites feuilles emboîtées, dont chacune provient d'une cellule animée, et à la base existe une radicule. Dans l'acte de la germination ou de l'évolution, toutes les parties s'allongent exactement comme celles d'un animal, qui croissent également sur tous les points, et cet allongement est subordonné à des lois d'agencement que régissent certains types généraux. Puisque le premier individu, l'embryon, a une racine, il n'y a pas de raison pour que tous les autres, qui se forment successivement dans le bourgeon, n'aient pas aussi la leur. Chacun de ces *plastons*, comme les nomme Gaudichaud, se compose d'un nombre déterminé de fibres, qui s'organisent normalement en lui. De sa base, et par conséquent de ses fibres, s'organisent des tissus vasculaires ou descendants. Ces derniers tissus se forment donc de haut en bas. Dans l'embryon, ils sont réunis en un seul corps, au moyen d'une masse qui les précède toujours, et sans laquelle ils ne pourraient ni se développer, ni pénétrer dans le sol. Mais pour ce qui concerne les individus qui se forment dans le bourgeon, leurs tissus tubuleux radiculaires ont un autre mode de développement : comme ils trouvent dans le bourgeon les conditions nécessaires à ce développement, ils le traversent de haut en bas, et vont se réunir à la base de son mérithalle tigellaire, d'où ils pénètrent aussi, à l'état de racine, dans le sol, en sorte que le végétal primitif, qui n'avait d'abord qu'une racine, en a bientôt deux, trois, quatre, simples ou composées, et que, généralement parlant, chaque feuille, dans les monocotylédones, produit sa racine entière ou divisée en plusieurs autres plus petites. Donc les tiges s'accroissent et les feuilles se forment, non par l'ascension de tissus ligneux contenus dans la tige, mais par la descension de ces mêmes tissus émanés des bourgeons et de toutes les parties qui les constituent. Ainsi, un embryon est primitivement une masse cellulaire isolée, dans laquelle des tissus vasculaires apparaissent plus tard, sans venir du dehors, et s'organisent successivement de toutes pièces. Supposez plusieurs de ces embryons greffés les uns sur les autres et se développant les uns après les autres ou simultanément ; chacun, après avoir engendré son système ascendant, produira son système descendant ou radiculaire. Le premier, ou l'inférieur, formera sa radicule ou racine propre, composée de vaisseaux particuliers qui descendent dans un mamelon cellulaire. Le second, situé au-dessus, aura aussi sa radicule, dont les vaisseaux, au lieu de former une racine particulière, descendront dans le mérithalle tigellaire du premier embryon, comme ils seraient descendus dans leur mamelon radiculaire naturel. Arrivés à la base de ce mérithalle, ils pénétreront dans la racine du premier, ou bien ils formeront une seconde racine. Parfois, comme dans les *Vallisnia*, ces vaisseaux se porteront à l'extérieur dès en naissant, et descendront ainsi, à l'état de racine, tout le long des rameaux, des branches et du tronc, jusque dans le sol, et alors les tiges rete-

animaux, qui paraissent même en jouir tous. Elle est tout aussi évidente chez certains animaux que chez les végétaux ; dans d'autres, elle est plus cachée, et l'on ne parvient à la déduire qu'à l'aide d'une série de raisonnements. Le jeune animal qui se développe d'un germe de polype n'est d'abord qu'un individu simple, mû par une volonté unique, et en quelque sorte pourvu d'un centre; mais, en s'appropriant la matière qui l'entoure, en s'accroissant aux dépens de cette matière, il devient un système d'individus, semblable à celui que représente un végétal, et dès lors plusieurs volontés se manifestent dans ce système. Les individus sont unis ensemble par un tronc commun. Chez les sertulaires, le canal du tronc communique avec les canaux de tous les individus, et de ce tronc se forment les rejetons nouveaux. Nous faisons abstraction ici des polypes composés, qui consistent en de simples agrégations d'individus apposés les uns contre les autres, et constituent une seule masse par leur réunion.

Une hydre, polype solitaire qui vit dans l'eau douce (1), peut, comme nous l'ont appris les observations de Trembley, devenir, par suite de l'accroissement, un système d'individus semblables à un végétal, avec cette différence que les parties organiques des individus secondaires ne se prolongent pas isolées à travers le tronc, et que la cavité intestinale est commune. Ce système d'hydres, dont chacune se meut volontairement, peut être divisé, et chacun des individus qui le composent se trouve dans un état tel que, par rapport du moins à la forme, on ne saurait encore le considérer comme un multiple.

Fig. 190.



ront grêles, parce qu'elles ne recevront presque rien des feuilles. Ce qui arrive pour le second embryon relativement au premier arrivera pour le troisième relativement au second, et ainsi de suite, la racine du second individu étant située au-dessus de celle du premier, celle du troisième au-dessus de celle du second, etc.; de sorte que les individus qui composent une plante monocotylédonée, par exemple, figurent les tubes emboîtés d'une longue-vue, dont les pièces peuvent être ou totalement enfermées les unes dans les autres, ou plus ou moins allongées et arrêtées les unes au-dessus des autres, à différents degrés. En un mot, un bourgeon se comporte à la manière d'une plante parasite, à l'exception que le parasite laisse ses racines dans la plante sur laquelle il s'est établi, et qui lui sert de sol, tandis que l'individu provenant du bourgeon prolonge la sienne jusqu'au sol, où elle va rejoindre celle de l'individu primaire, sur la surface duquel elle forme, avant d'arriver là, une couche nouvelle, qui accroît l'étendue en diamètre. Enfin, il résulte de cette théorie que les végétaux ne perpétuent leur existence que par la vie particulière des individus qui, selon le climat, se forment annuellement ou d'une manière incessante à leur extrémité, et que cette vitalité, qui se répand de haut en bas sur toute leur périphérie, donne à certains d'entre eux la faculté de traverser des siècles. (*Note du trad.*)

(1) La figure 190 représente, d'après Laurent, une hydre portant un individu gemmulaire, qui tend à se séparer de sa mère.

Jusqu'ici nous n'avons affaire qu'à des organismes qui, ayant atteint l'état de composition auquel les amène le développement, représentent des systèmes, non pas seulement d'êtres en qui réside la possibilité d'exercer une vie individuelle, mais d'êtres qui possèdent de fait cette vie individuelle, qui se déterminent eux-mêmes par leur propre volonté, qui, en un mot, sont des individus réels.

Si maintenant nous faisons un pas de plus, nous trouvons des organismes animaux qui, à en juger d'après la forme, sont des individus parfaitement simples, qui ont aussi une volonté unique, qui semblent n'être doués que d'un seul centre, mais qui cependant sont en réalité des parties dont chacune peut vivre individuellement et produire la forme et l'organisation propres à l'espèce. Il y a des animaux qui, en croissant, multiplient le nombre de leurs segments, et chez lesquels une partie de ces segments du grand tout peut, après s'être séparée d'elle-même, ou l'avoir été par l'art, reconstituer un nouvel animal. Ces segments sont, pendant un certain laps de temps, soumis à la volonté de l'animal entier, dont, à ce point de vue, ils font partie intégrante ; mais un moment arrive où les rapports qu'ils ont avec eux-mêmes l'emportent sur ceux qu'ils entretiennent avec le tout ; avant même de se séparer, ils acquièrent une volonté propre, en quelque sorte un centre spécial, et c'est par un mouvement volontaire qu'ils brisent les liens à l'aide desquels ils tenaient au tronc maternel. Le jeune individu, ainsi composé d'un petit nombre de segments, s'approprie la matière environnante, et devient, en croissant, un nouvel être qui peut se scinder de lui-même, ou être divisé en plusieurs parties, ayant chacune le caractère d'un jeune animal. A une certaine époque, cet être est encore soumis à une volonté unique, et ses parties, bien qu'ayant l'aptitude à devenir des individus, ne le sont point encore de fait ; mais, plus tard, le système des parties qui le composent représente un multiple d'individus réels. Il y a aussi des vers qu'on peut diviser en plusieurs individus, qui, par conséquent, sont, non pas un individu, mais un système de parties dont chacune contient l'idée entière et toute la puissance de l'animal, de sorte que chacune aussi, quelque grande ou petite qu'elle soit, peut devenir un animal de la même espèce. La jeune *Nais proboscidea* (1) n'a que quatorze segments. A mesure qu'elle s'accroît, les anneaux se multiplient à l'extrémité postérieure de son corps, et, au bout d'un certain temps, une partie de ces nouveaux anneaux commence à se séparer du reste de l'animal par un étranglement, au-dessus duquel la mère en reproduit d'autres longtemps encore avant que la séparation définitive s'accomplisse. On peut, de cette manière, voir quelquefois une

Fig. 191.

(1) La figure 191 représente, d'après O.-F. Mueller, la *Nais proboscidea* : 1, corps de la mère ; 2, 3, 4, trois jeunes vers à différents états de développement ; 5, partie à laquelle se sont formés de nouveaux segments.

mère unie à trois jeunes naïdes, avec lesquelles elle forme un système qui s'est produit d'un des anneaux de son propre corps (1).

Chez une naïde qui s'est ainsi transformée en un multiple par les progrès de l'accroissement, les portions susceptibles de se détacher ressemblent déjà, pour la forme, au jeune état de l'individu, puisque le multiple entier renferme beaucoup de segments, dont il n'y a qu'un petit nombre chez le jeune individu. Mais un animal peut aussi ne ressembler en rien à un multiple quant à la forme, et cependant être un multiple de parties, susceptibles même de devenir des individus nouveaux. Ici viennent se ranger les hydres, à l'époque où elles ne sont encore qu'un seul individu, animé par une volonté unique, et dépourvu de rejetons. Dans cet état, où, au point de vue de la forme, elles paraissent simples, elles ne constituent effectivement point des systèmes d'individus jouissant d'une vie à eux propre, mais elles sont potentiellement des multiples de ce qui est nécessaire pour la formation d'un individu polype : car les lambeaux qu'on détache de leur corps reprennent en très peu de temps la forme d'un polype, poussent des bras, et acquièrent une cavité alimentaire. Peu importe même, d'après les observations de Trembley, qu'on coupe l'animal en long ou en travers, ou qu'on lui enlève des lambeaux sur le côté : constamment les morceaux redeviennent chacun un polype complet (2). Il suit de là que, comme les végétaux dans leurs feuilles, de même les polypes dans des parties aliquotes de leur corps dont on ne saurait assigner les limites, contiennent tout ce qui constitue l'idée d'un individu de l'espèce, et qu'à chacune de ces parties est inhérente la faculté de prendre la forme d'un individu, lorsqu'elle ne fait pas partie d'un système de parties ayant, ainsi qu'elle, l'aptitude à la vie individuelle, et réellement unies ensemble sous la forme d'un individu.

Les planaires se comportent de la même manière ; mais elles ne constituent jamais des systèmes d'êtres se déterminant eux-mêmes volontairement, et elles représentent toujours des individus simples eu égard à la volonté. Les expériences de Dugès prouvent qu'on peut les couper en huit ou dix morceaux, dont chacun redevient individu, et qui, en été, n'ont besoin que de quatre jours pour recouvrer la forme propre à l'espèce.

Les hydres et les planaires sont, comme tout autre animal quelconque, composées de systèmes organiques, d'organes et de tissus. On connaît assez bien déjà

(1) O.-F. Mueller, *Naturgeschichte einiger Wurmarten des sussen und salzigen Wassers.* Copenhague, 1800. — Gruithuisen, *Nov. act. nat. cur.*, XI. — Quatrefages a rencontré sur les côtes de la Bretagne des syllis agrégés de la même manière, c'est-à-dire composés de deux individus formés aux dépens d'un seul, dont le corps s'étrangle au milieu et se divise après que les premiers anneaux du tronçon postérieur se sont modifiés de manière à constituer une tête. Les deux individus sont doués de facultés bien différentes : le premier continue à se nourrir à la manière ordinaire et à exécuter toutes les fonctions nécessaires à la conservation de la vie, et, suivant toute probabilité, il ne tarde pas à se compléter, en reproduisant une queue semblable à celle qu'il a perdue ; l'autre, formé aux dépens de cette queue, n'est destiné qu'à la multiplication de l'espèce. Son canal alimentaire tend à s'atrophier, et il paraît ne se nourrir que de matières préexistantes dans son corps ; mais il renferme la totalité des organes générateurs que possédait l'individu souche, et, après sa séparation, il continue de vivre assez longtemps pour que ces organes assurent la durée de l'espèce. (*Ann. des sciences naturelles*, 1844, janvier, p. 22.) (*Note du trad.*)

(2) Trembley, *Mém. pour servir a l'hist. d'un genre de polypes d'eau douce.* Leyde. 1744.

l'organisation des planaires, et, si nos connaissances par rapport à celle des hydres ne sont pas encore aussi avancées qu'on pourrait le désirer, on ne doute pas cependant qu'elle ne soit au même degré que celle de tous les autres polypes. Or, on sait combien les détails de l'organisation sont précis chez les polypes; on sait que le mouvement a lieu par des muscles chez ces animaux comme chez tous les autres; on connaît la disposition de ces muscles, celle du canal alimentaire, enfin, chez les actinies et chez les polypes composés, celle des organes génitaux. Si donc de simples lambeaux du corps d'une planaire ou d'une hydre, et, chez cette dernière, des morceaux même très petits, ont le pouvoir de former un individu, cette faculté réside évidemment dans une masse de molécules qui, tant qu'elles étaient unies avec le corps, servaient aux fonctions spéciales de l'animal entier et subissaient l'influence de sa volonté. Les lambeaux en question contiennent des fibres musculaires, des fibres nerveuses, etc. En se représentant nettement ce fait à l'esprit, on est amené à conclure qu'un amas de tissus animaux possédant des propriétés physiologiques diverses peut être animé d'une force qui diffère totalement des propriétés appartenant à chaque tissu en particulier. Les propriétés des tissus dans un lambeau détaché du corps d'une hydre, par exemple, sont la contractilité des fibres musculaires, l'action des fibres nerveuses sur celles-ci, etc.; elles dépendent de la structure et de l'état de la matière dans chaque particule. Mais la force fondamentale dont nous parlons est identique avec celle qui a produit le polype entier dont on a retranché le lambeau.

La cause qui oblige une portion de l'hydre ou de la planaire à fonctionner dans un tout plus grand, est le conflit de cette portion de matière avec celle d'un animal déjà organisé, et chez lequel la présence du cerveau établit un centre commun. Dans cet état, la force fondamentale reste latente, et l'organisation des particules de tissu de cette portion de matière sert à l'influence centrale du polype organisé. Dès qu'une portion de la matière organisée d'une hydre ou d'une planaire cesse d'être en contact avec le tout pourvu d'un centre, l'influence dominante du tout complétement organisé cesse de s'exercer, et cette portion tend à devenir une organisation individuelle: il est probable que les molécules de tissu déjà existantes en elles perdent leur signification, que la masse entière se convertit en substance plastique, en cellules germinatives, c'est-à-dire en la matière de laquelle tous les tissus naissent chez l'embryon, et que, comme aussi chez ces derniers, ces cellules se métamorphosent en particules élémentaires des tissus futurs.

Il en est de même, ou à peu près, chez les végétaux. Tant que la feuille, organisée d'une manière spéciale, comme simple organe, tient encore au rejeton, la force reproductive de l'espèce qui lui est inhérente se trouve réduite au silence par le conflit de l'organe avec la totalité du rejeton et de la plante en général, qui, sans avoir de centre, comme le polype, sans recevoir d'une partie quelconque les principales influences auxquelles elle obéit, n'en a pas moins toutes ses parties réunies en un système et entretenant ensemble un conflit dont la tendance est d'arriver à un but commun. Quand ce conflit vient à ne plus avoir lieu, par suite de la cessation du contact, l'organisation de la feuille a perdu son importance par rapport à un but déterminé, et la force conservatrice de l'espèce qui lui est inhérente, manifeste sa présence par la production d'un bourgeon, c'est-à-dire d'un tout harmonique.

Si ces vues sont justes, une feuille qui, fichée en terre, a le pouvoir de proire un bourgeon, devrait, si on l'implantait sur le tronc mère, non plus usser un bourgeon, mais se greffer et rester feuille. Je ne sais si l'expérience a ; tentée, et ce que j'en dis n'est qu'une pure hypothèse. Mais la supposition en e-même paraît d'autant plus justifiable que des expériences de ce genre ont ıssi sur des polypes. Trembley coupa une hydre en travers, appliqua les morıux exactement l'un contre l'autre, et les maintint en contact: dans la même ırnée, ils avaient contracté adhérence ensemble, à tel point que le lendemain un ût ver avalé par l'animal passa dans la moitié inférieure du corps, dont la rese était parfaite; les deux parties furent d'abord séparées par une stricture, nt il ne restait plus aucune trace au bout de quinze jours; l'animal commença ousser des bourgeons le dixième jour après l'opération. Trembley est également venu à souder ensemble la partie antérieure et la partie postérieure de deux inidus différents; l'animal ainsi produit poussa plus tard des bourgeons au-dessus au-dessous du point d'adhérence. Il est de la plus haute importance de remaer que, dans cette expérience, la portion inférieure ainsi greffée demeura simment partie constituante de celle à laquelle on la réunit, sans devenir un nouvel lividu accolé à l'autre, comme elle l'eût infailliblement fait en peu de temps si e eût été abandonnée à elle-même, sans contact avec la partie antérieure munie n centre.

Il faut encore remarquer que, d'après les expériences de Trembley, une différice existe entre les lambeaux du polype pour l'aptitude à la rédintégration. Elle nsiste en ce que des morceaux du corps ou de la tête, quelque petits qu'ils ent, dans quelque direction qu'ils aient été taillés, peuvent reproduire un uveau polype, et acquérir en peu de temps un centre, avec la faculté de mouvoir volontairement, mais que les bras de l'animal font exception, et 'ils ne reproduisent jamais ce qui leur manque pour constituer un animal enr (1).

Chez les animaux supérieurs, insectes, arachnides, crustacés, salamandres, le ne reproduit des organes entiers, par exemple les membres, l'œil, la mâchoire érieure, après les avoir perdus; et l'on doit voir là une preuve que ces êtres sont pas des agrégats de leurs organes, qu'ils renferment encore en eux-mêmes pouvoir de restaurer le tout quand il a subi quelque mutilation. Mais ici jamais partie détachée du corps ne reproduit un animal entier, et la plupart des parties comportent comme les bras de l'hydre, qui ne peuvent redevenir des hydres.

Chez les animaux plus élevés encore dans l'échelle, tous les tissus naissent de lules, et le nombre de leurs molécules se multipliant, durant l'accroissement,

1) Laurent (*Recherches sur l'hydre et l'éponge d'eau douce*; Paris, 1844, p. 24), qui a répété expériences de Trembley et de Rœsel sur la scissiparité des hydres, a constaté que les bras tronçons de bras, *non continus à des morceaux* de lèvres, avortaient presque toujours, et ne enaient que très rarement de nouveaux individus, quoique pouvant vivre plusieurs jours. Du e, il a reconnu que les tronçons du corps, coupés soit en travers, soit en long ou oblique-at, et même de simples lambeaux, se reproduisent et deviennent plus ou moins prompte-at, selon la saison, de nouveaux individus complets; que des lambeaux du corps et de la che, soit sans bras, soit avec un ou plusieurs bras, donnent également de nouvelles hydres plètes; enfin que le pied entier coupé ou les morceaux de ce pied se reproduisent aussi, s qu'ils sont déjà susceptibles d'avorter dans leur développement. (*Note du trad.*)

par l'adhésion de nouvelles parties, un adulte représente également un multiple de la somme originelle des molécules constituantes. Chez la naïde adulte, les multiples de cette somme sont placés à la suite les uns des autres, et peuvent être exprimés par $abc + abc + abc + abc$: dans les autres animaux, où les sommes ne sauraient se diviser, et qui ne sont pas non plus des agrégats de sommes pareilles rangées les unes à côté des autres, on peut exprimer le jeune âge par abc, et l'âge adulte par $aaabbbccc$, ou par $a^n\ b^n\ c^n$; a^n peut exprimer le multiple des cellules du foie, b^n celui des cellules nerveuses, c^n celui des cellules musculaires, autour desquelles se sont multipliées les particules homogènes constituant primitivement les corps. Ces amas ne sauraient redevenir des individus chez les animaux supérieurs. Cependant les organismes supérieurs eux-mêmes, parvenus à l'état adulte, doivent être regardés comme des multiples virtuels du germe, puisque l'accroissement les a rendus aptes à former des germes. A la vérité, l'influence de deux sexes est nécessaire pour rendre ces germes aptes à se développer; mais il peut arriver qu'un même individu réunisse les deux sexes, cas de tous les animaux hermaphrodites, qui se fécondent réciproquement, ou qui, comme les tænias, peuvent se féconder eux-mêmes. Un individu demeuré solitaire, qui, à l'état adulte, fructifie et produit des germes capables de se développer, contient donc en lui-même la force nécessaire pour former le multiple: par conséquent, tout animal adulte, même supérieur, doit être, pour ce qui concerne le pouvoir de la vitalité individuelle, considéré comme un multiple virtuel de la force primitive et plus particulièrement du germe.

Ici se présente la question de savoir jusqu'à quel degré de petitesse une partie d'un corps organisé peut être réduite, sans pour cela perdre la faculté de reproduire l'espèce. Chez les animaux supérieurs, qui ne se propagent que par la génération à l'aide de deux sexes, il n'y a dans ce cas que les germes des œufs, qui sont de grosses cellules, avec la vésicule germinative et le noyau de cette dernière ou la tache de Wagner: aucune des autres parties du corps, grandes ou petites, ne possède le pouvoir de produire l'espèce et l'individu. Chez les végétaux et les animaux qui poussent des bourgeons, le germe se compose d'un amas de cellules, qui sont susceptibles de se reproduire dans la plupart des régions du corps. Chez quelques animaux inférieurs, cette faculté est déjà inhérente à tout amas de particules organiques primitives, c'est-à-dire à toutes les molécules de tissus, qui ont dû primordialement naissance à des cellules, mais qui se sont ensuite transformées en tissus déterminés, comme fibres musculaires, fibres nerveuses, tissu cellulaire, etc. Chez les êtres organisés inférieurs, non seulement les fragments de la plupart des parties du corps sont aptes à devenir des individus, mais encore il arrive quelquefois qu'une division, poussée jusqu'à atteindre les parties primaires de l'organisation, n'anéantit pas la faculté de reproduire l'espèce. Tous les tissus proviennent de cellules chez les végétaux; mais il y a aussi des plantes dont une seule cellule détachée du tout, n'importe laquelle, suffit à la reproduction de l'espèce, lorsque la matière alimentaire ne manque point. Tel est le cas des champignons filamenteux, par exemple des moisissures et des végétaux contenus dans les liquides en fermentation, végétaux dont la levûre se compose, d'après les observations de Cagniard-Latour et de Schwann, et qui se reproduisent en quantité énorme dans les liqueurs soumises à la fermentation. Ce champignon est composé

de cellules rangées à la suite les unes des autres, qui forment des séries simples et des séries rameuses. Les cellules produisent, de leur côté libre, une petite saillie, qui est la jeune cellule, laquelle ne tarde pas à grossir et à devenir une cellule entière. A peine cette jeune cellule s'est-elle développée, que le bourgeon de la cellule prochaine commence à pousser. Il arrive aussi à des cellules de ce genre de se séparer et de produire des bourgeons de cellules, lorsqu'une fois elles sont isolées, ou de développer la forme de l'espèce. Tous ces phénomènes ont lieu avec une rapidité telle, qu'on peut observer au microscope l'accroissement et la génération (1). Voilà, en général, comment les choses se passent chez les champignons simples. La poussière composée de cellules du champignon qui détruit le ver à soie et donne lieu à la maladie désignée sous le nom de *muscardine*, possède aussi cette faculté de produire la plante individuelle, et l'on conçoit comment une seule cellule de ce champignon peut, lorsqu'elle pénètre dans une magnanerie, causer la destruction de toutes les chenilles qu'on y élève (2).

CHAPITRE II.

De la multiplication par division d'un organisme développé.

En tant que les êtres organisés, parvenus à l'âge adulte, sont un multiple virtuel de leur germe, ils peuvent aussi se multiplier par division, sans avoir besoin qu'il se forme de germes simples. On observe ce mode de multiplication jusque chez des animaux qui sont totalement incapables de produire des bourgeons. L'augmentation du nombre des individus par scission est le résultat d'une division tantôt artificielle, tantôt spontanée, et qui, dans un cas comme dans l'autre, peut être complète ou incomplète. Lorsqu'elle est incomplète, un être organisé peut représenter un multiple dont les segments, quoique jouissant chacun d'une animation à part, tiennent encore les uns aux autres par un tronc indivis.

Division artificielle.

La multiplication des êtres organisés par scission spontanée, qu'on rencontre surtout dans le règne animal, ne s'accomplit pas aussi aisément que celle par division artificielle. En ayant recours à cette dernière, on détruit absolument la cohésion de pièces qui contiennent chacune une force égale, quand leur structure est développée d'une manière complète, et l'on oblige par là cette force à produire une organisation individuelle. Voilà pourquoi on peut diviser des polypes dans tous les sens imaginables, et obtenir de chaque lambeau des individus nouveaux. Au contraire, la division spontanée n'a jamais lieu qu'en des sens déterminés, ce qui lui permet de s'accomplir en troublant le moins possible l'organisation intérieure.

(1) Poggendorff's *Annalen*, 41, 184.
(2) Audouin, *Ann. des sc. nat.*, 1837.

Tous les végétaux et plusieurs animaux inférieurs sont susceptibles de se multiplier par scission artificielle. Une branche détachée du tronc est un système apte à entretenir l'espèce; elle continue de vivre lorsqu'on la fiche en terre ou qu'on la greffe sur un autre végétal. Cependant il ne convient pas de citer ce cas comme un exemple de multiplication réelle par scission, sans formation préalable de bourgeons, car on ne greffe ordinairement que des parties de végétaux offrant des boutons déjà développés. Avec vérité, il arrive quelquefois de voir reprendre une portion de tige dont on a coupé les branches, et dont l'écorce ne montre extérieurement aucun vestige de bourgeons; on peut même, d'après De Candolle, greffer avec succès un disque d'écorce qui ne porte pas de bourgeons visibles, parce que les bourgeons latents qui peuvent exister tendent alors à se développer; mais l'opération est lente et très casuelle (1). A quoi Meyen ajoute (2) qu'elle lui semble reposer sur des observations incomplètes, et qu'aucun fait certain n'établit que l'écorce totalement séparée du végétal dont elle faisait partie puisse pousser des bourgeons, mais qu'il se peut, en pareil cas, que les rayons médullaires du sujet développent des bourgeons qui percent ensuite l'écorce qu'on a appliquée à sa surface. Lui-même a vu une branche de saule écorcée, qu'il avait employée comme tuteur d'un rosier, pousser, au bout de quelques semaines, de nouveaux bourgeons, qui fournirent des scions très longs, et jeter en même temps de fortes racines. A plus forte raison, dit-il, le fait peut-il arriver avec une branche tronquée et écorcée, qu'on garantit de l'évaporation en la couvrant d'une écorce étrangère.

La pousse de feuilles fichées en terre n'est pas non plus toujours une preuve de multiplication par scission, sans formation de bourgeons; car, lorsqu'on opère sur les feuilles du *Bryophyllum calycinum*, le développement ne porte que sur les bourgeons qui existaient déjà dans les angles des crénelures. Les cas mêmes où l'on voit des feuilles dépourvues de bourgeons et incapables d'en produire aucun sur la plante mère, pousser des racines lorsqu'on les met en terre, et développer les parties ascendantes du végétal, ne sont pas purs; en effet, ce n'est point ici la feuille entière qui se transforme en végétal, comme un lambeau de polype qui devient polype complet; c'est l'individu végétal de la feuille qui engendre un bourgeon. Cependant cette feuille, en tant qu'elle peut former le bourgeon, est déjà une plante simple, et Meyen dit (3) qu'elle ne pousse un bourgeon qu'après avoir jeté des racines. Ici se rapporte également la division artificielle des lichens.

La division artificielle, chez les animaux, réussit surtout lorsqu'ils sont composés d'une série de parties conformées d'après le même plan, et dont le nombre augmente par le fait même de l'accroissement, comme chez les vers: ainsi, par exemple, les sections transversales qu'on exécute sur un ver le réduisent en segments dont chacun renferme des portions similaires, et pour ainsi dire raccourcies du système nerveux, des vaisseaux sanguins et de l'intestin. Mais cette circonstance ne fait que rendre la division plus facile, et j'ai déjà dit qu'elle n'est pas d'une nécessité absolue pour la multiplication par scission; car, lorsqu'on divise une hydre ou une planaire en des sens différents, les coupes

(1) *Physiologie végétale*, t. III, p. 99, 900.
(2) *Loc. cit.*, p. 50.
(3) *Pflanzenphysiologie*, t. III, p. 83, 84.

)isent arbitrairement l'organisation, et l'on obtient des parties aptes à vivre, i ne contiennent rien moins que le raccourci des organes essentiels de l'animal. faculté de se développer en individus appartient donc à tout amas quelconque parties organiques.

On peut, d'après les expériences qui ont été couronnées de succès, admettre is modes de division.

1° Division artificielle transversale. Elle est surtout possible à l'égard des parties i se développent en ligne et parallèlement les unes et les autres, par exemple ez les végétaux et les vers. Les vers susceptibles d'être divisés en travers ne leviennent pas de nouveaux touts après qu'on les a fendus en long; mais ils se énèrent aisément lorsque la coupe à laquelle on les soumet s'exécute dans le s transversal, comme O.-F. Mueller l'a démontré pour les naïdes. Ce mode de roduction paraît ne pas avoir lieu chez d'autres annélides, quoique les parties isées continuent longtemps de vivre. O.-F. Mueller conserva en vie pendant is mois le tiers postérieur d'une néréide qui exécutait des mouvements spon- és, mais qui ne se développa point. Ch. Bonnet, au contraire, prétend avoir tenu deux individus complets d'un ver de terre qu'il avait coupé en travers. rsque, dans les expériences de Mueller, une *Nais proboscidea* avait été divisée nsversalement, le bout caudal recouvrait une nouvelle tête et une nouvelle mpe dans l'espace de trois à quatre jours; la division et la décapitation de la ère n'exerçaient pas d'influence notable sur le développement de la fille à la rtie postérieure du bout privé de tête, et quelquefois la tête de la fille prove- nt d'une scission naturelle se produisait tout aussi rapidement que celle de la ère décapitée. La partie postérieure d'une hydre coupée en travers pousse de tits tubercules, qui, en vingt-quatre heures, quand la saison est chaude, ont roduit la tête et les bras, de sorte que le nouvel animal peut manger au bout de ux jours, ce qui en exige quinze à vingt si la saison est froide. Les petits segments l'hydre ont la même propriété.

2° Division artificielle longitudinale. Quand une hydre a été fendue en long, les rds de l'incision se rapprochent promptement l'un de l'autre, de manière que embley a vu la forme de l'animal reproduite au bout d'une heure déjà, sauf les as, qui repoussaient en quelques jours. Trois heures après l'opération l'animal mettait à manger. Des languettes longitudinales qu'on détache d'une hydre ne dent pas à se reconstituer en polypes entiers. La division longitudinale artificielle s troncs végétaux peut aussi être rangée ici.

3° Division artificielle en tous sens. Elle réussit surtout chez quelques végétaux férieurs, par exemple les lichens, et, dans le règne animal, chez les hydres. embley, après avoir ouvert des hydres, les coupa en petits morceaux dans les rections les plus diversifiées, et vit ces morceaux redevenir des polypes entiers. nand la division est de nature à ne plus permettre l'enroulement, comme, par emple, lorsqu'il s'agit de languettes fort étroites, il se forme, dans les parois ne excavation, qui est le rudiment de l'intestin du polype. La division artificielle complète donne lieu à des polypes pourvus de plusieurs têtes, ou de plusieurs ntres, mais encore unis ensemble. La division incomplète dans le sens longitu- inal d'avant en arrière a fait naître, dans les expériences de Trembley, des ydres qui avaient depuis deux jusqu'à sept têtes. Lors même qu'après avoir

fendu une hydre en long, on la découpe en tous sens, de manière que les morceaux ne tiennent plus les uns aux autres que par un point, ceux-ci redeviennent ou la portion céphalique, ou la portion caudale d'un nouvel être faisant corps avec le tout (1).

Division naturelle ou spontanée.

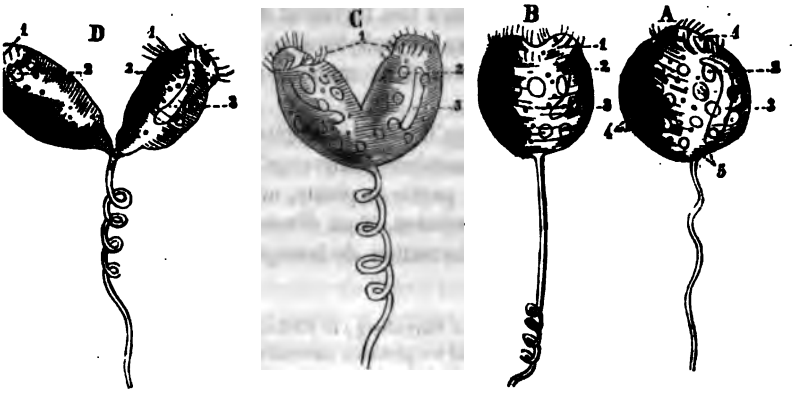
La division spontanée est, la plupart du temps, longitudinale, ou transversale, ou l'une et l'autre à la fois. On ne l'observe guère que chez les animaux, ce qui fait que, dans des cas douteux, Ehrenberg l'a employée, de concert avec d'autres caractères, pour décider si certains êtres organisés inférieurs appartenaient au règne végétal ou au règne animal. C'est un mode de propagation fort ordinaire chez les infusoires, qui se multiplient en outre par des œufs. Quelquefois on rencontre aussi, dans les mêmes espèces, la propagation par bourgeonnement. La division spontanée manque chez tous les animaux supérieurs, et l'on n'en trouve même plus déjà aucune trace chez les radiaires, tandis qu'elle se représente en-

(1) Voici comment Laurent décrit les phénomènes de cette rédintégration, qu'il a étudiés avec soin. 1° Les lambeaux de tissu du corps de l'hydre qui ne comprennent que la peau externe ou la peau interne ne produisent jamais de nouveaux individus (*loc. cit.*, p. 74). La coexistence des deux peaux dans un lambeau coupé nettement, autant que possible, paraît donc indispensable pour obtenir un nouvel individu. Les limites de la petitesse de ces lambeaux lui ont semblé être au-dessous d'une grandeur évaluée approximativement à celle d'un sphéroïde qui n'aurait qu'un quart de millimètre de diamètre. 2° Un tronçon transverse du milieu du corps ou du milieu du pied, ou comprenant une portion du corps et une portion du pied, devant se compléter en poussant une bouche et un pied, chacune de ses extrémités s'arrondit et semble se fermer, de manière que la plaie est bientôt cicatrisée; puis la couche de globules qui constitue la peau interne soulève la peau externe, et forme ainsi des tubercules, qui, par leur allongement progressif, deviennent des bras complétement organisés. A l'autre extrémité, au contraire, cette même couche éprouve une sorte de retrait, qui concentre la substance globuleuse vers le milieu du tronçon, et il se forme ainsi un tube, continu en avant avec l'estomac, qui se prolonge en arrière jusqu'au disque fonctionnant comme pied ventousaire. 3° Les lambeaux du sac stomacal qui sont susceptibles de rapprocher et d'affronter leurs bords, acquièrent ainsi, par la soudure de ces derniers, la forme d'un tronçon plus petit, dont le développement irrégulier, en raison de l'irrégularité du lambeau, tend cependant à produire des individus de forme normale. 4° Les tronçons du pied et ceux de la base, du milieu et de l'extrémité des bras, sont d'autant plus susceptibles de fournir de nouveaux individus plus ou moins petits, qu'ils contiennent plus de substance globuleuse colorée et continue avec celle qui constitue la peau interne de l'animal. 5° Les lambeaux de tronçons du pied et des bras contiennent en général si peu de cette couche globuleuse colorée, qu'ils avortent presque constamment. 6° Quand on pousse la division jusqu'à réduire les hydres, par des coupures successives, en lambeaux excessivement petits et dont les bords ne peuvent pas, en s'affrontant, produire des tronçons cavitaires, il se passe des phénomènes particuliers (*loc. cit.*, p. 53). Le fragment acquiert une forme de plus en plus sphéroïdale. Sa couche interne perd la forme plate ou concave, et devient un noyau sphérique, en même temps que la couche externe et transparente s'étend progressivement sur toute la périphérie de ce noyau, qu'elle finit par recouvrir d'une couche mince et transparente. Alors on a sous les yeux une sphère brune au centre et transparente dans sa couche externe, dont l'épaisseur est toujours moindre sur le côté correspondant à la face interne du fragment avant qu'il se fût arrondi. En comprimant cette sphère sous le microscope (*loc. cit.*, p. 68), on y distingue un amas de globules, autour duquel existe une couche de tissu glutineux, qui, exerçant sur ces globules des mouvements d'expansion et de contraction lentes, finit par les crever et produire ainsi la cavité stomacale et les deux orifices. On voit alors se former les rudiments des bras, qui sont quelquefois placés plus ou moins loin de la bouche, d'où l'aspect d'une monstruosité. (*Note du trad.*)

chez plusieurs annélides. Elle doit offrir d'autant plus de difficultés que l'or-ıation est plus compliquée, et que les diverses régions du corps renferment ıs de parties organisées d'une manière analogue : cependant une disposition ıle des parties de différents côtés n'y apporte point un obstacle absolu ; car peut s'effectuer alors même que l'intestin décrit des circonvolutions, comme les vorticellines. Au reste, il est permis de songer, dans ces cas, à une ation cachée de bourgeons, puisque l'animal parfaitement organisé lui-même vise, dans ce mode de génération, par un étranglement en travers ou en long, fait peu à peu des progrès. La cause de la division spontanée est la tendance le multiple virtuel produit par l'accroissement éprouve à concentrer la domi-ın du principe organique sur des masses plus petites. Plus l'être organique ıt par lui-même et doué d'un centre simple est volumineux, plus, en quelque ;, les molécules organiques perdent leur attraction vers un centre commun ue et plus aussi elles sont attirées en de petits groupes qui forment leurs pro-centres. Les végétaux chez lesquels on trouve la division spontanée sont les elles, d'après les observations de Morren.

s recherches d'Ehrenberg ont appris que les infusoires sont la classe dans ılle la division spontanée est le plus répandue (1). Les monades se propagent scission en travers et en long, et les monades cuirassées elles-mêmes sont etties à la division. Les volvocines se divisent dans l'intérieur de leur test, les individus ainsi produits percent, pour aller répéter le même phénomène. ɔacillaires se fendent en long, et forment alors des espèces de polypiers ; quel-unes, comme les *Gomphonema*, peuvent aussi se détacher du pédicule, et ramper librement. Les vorticelles se divisent en long ; après quoi, elles se :hent de leur pédicule (2). Les familles des enchelies, des trachélines, des

Fig. 192.



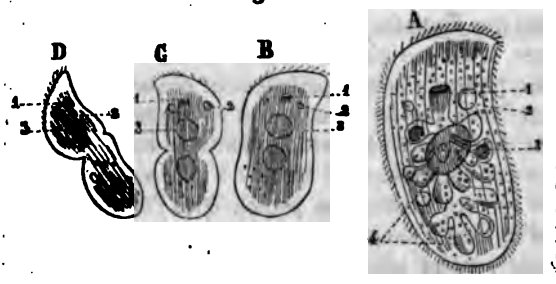
ɔdes et des oxytrichines se multiplient également par scission longitudinale et ıversale. Les observations d'O.-F. Mueller et de Gruithuisen sur la scission

(1) Ehrenberg, *Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen*. Leipzick, 1838.

(2) La figure 192 représente, d'après Ehrenberg, la *Vorticella microstoma*, se multipliant par ɔn longitudinale. A, B, C, D, offrent les périodes successives de cette opération : 1, bouche ; ; contractile ; 3, glande sexuelle ; 4, sacs gastriques ; 5, œufs.

transversale spontanée des naïdes ont déjà été citées précédemment. Lorsque l'étranglement entre la mère et la fille qui naît à sa partie postérieure s'est produit, cette dernière acquiert une tête et une trompe dès avant que la séparation s'accomplisse, et la portion de la mère située au devant de la fille commence à se séparer avant que la scission de cette dernière soit complète, de sorte qu'on trouve parfois des mères encore unies avec trois jeunes individus, provenant tous des scissions successives qu'a subies sa région postérieure (1). La division spontanée a été également observée chez les planaires (2).

Fig. 193.



La scission spontanée est la plupart du temps complète; mais quelquefois aussi elle demeure incomplète. Des monades qui se divisent alternativement en long et en travers, mais sans que la séparation s'achève jamais, forment des espèces de mûres. Dans le cas d'une scission longitudinale continuelle, il se produit des séries d'individus unis par leurs bords latéraux. Dans celui d'une scission transversale continue sans séparation, on a des séries linéaires ou filiformes. Ehrenberg considère comme de tels systèmes les vibrions qu'on trouve composés tantôt de deux ou trois, tantôt aussi d'un très grand nombre de segments, et qui se font remarquer par un mouvement particulier de tremblotement. Les vorticellines ramifiées qu'il nomme *Carchesium* et *Epistilis* naissent d'une division incomplète de l'animal en deux portions demeurant unies ensemble par un prolongement de leur extrémité postérieure. Ce mode de division a lieu rarement dans les coraux; mais on l'observe, d'après Ehrenberg, chez les caryophyllées, où il donne lieu à des formes dichotomiques, pénicillées, pédiculées, deux animaux naissant d'un, quatre de deux, huit de quatre, seize de huit, etc.

Les uns ont nié positivement qu'il y ait des végétaux soumis à la division spontanée; d'autres affirment d'une manière positive qu'il en existe. Ehrenberg dit ne connaître aucune plante, aucune partie de plante, ni même aucune cellule de tissu cellulaire, qui se multiplie par scission. Tout développement végétal a lieu, suivant lui, par élongation et par formation de bourgeons, et il n'y a division que

(1) La figure 193 représente, d'après Ehrenberg, le *Chilodon uncinatus*, se multipliant par scission transversale. A, B, C, D, offrent les périodes successives de cette opération : 1, bouche; 2, sac contractile; 3, glande sexuelle; 4, estomacs multiples.

(2) Elle a lieu aussi chez les hydres, mais, à ce qu'il paraît, assez rarement, malgré la facilité avec laquelle on peut la provoquer par l'art. Elle résulte d'une constriction naturelle qui survient dans les divers points de la longueur du corps compris depuis la base du pied jusqu'à la bouche, phénomène que Laurent (*loc. cit.*, p. 25) a imité en plaçant sur le corps des hydres des ligatures circulaires au moyen d'un cheveu qu'il serrait peu, afin d'exercer à peine une légère pression. Dans la scission spontanée, les hydres ne se coupent qu'en deux ou trois fragments, au moyen de divisions transverses de la partie la plus épaisse du corps.
(*Note du trad.*)

:-ci viennent à se détacher (1). Meyen, au contraire, veut que la mul-
par scission soit plus commune encore chez les végétaux que chez les
t que les cellules végétales n'y soient pas non plus étrangères (2). Il se
rtie sur les *Clausterium*, que, de son côté, Ehrenberg rapporte au règne
ısi que plusieurs autres formes organiques peu accessibles à l'observa-
qui se multiplient par division. Les autres cas allégués par ce natura-
raissent être plutôt des exemples de formation de spores par scission, et
on de cellules individuelles. Il y a, en effet, des végétaux tellement
ıe leurs spores se produisent par constriction, par division d'un utricule
t comme autant de parties simples d'un multiple virtuel; il y en a aussi
ls les cellules engendrées les unes des autres par gemmation, et formant
constituent le multiple de la plante, qui se réduit en ses parties simples
ritable division. Meyen cite en sa faveur les observations qui ont été
des palmelles, des oscillatoires, des nostochinées et des champignons
:. La masse sphérique colorée qui constitue un individu du genre pal-
toujours incluse dans une enveloppe mucilagineuse, qu'on peut consi-
ne une cellule mère, et dans l'intérieur de laquelle s'accomplit la divi-
née de cette masse : la division une fois opérée, chaque portion se trouve
'une enveloppe mucilagineuse propre, et en même temps la première
e peu à peu; cependant il lui arrive quelquefois de se distendre beau-
ors on y aperçoit encore les nouvelles palmelles, renfermées dans leurs
particulières, qui sont complétement développées. Chez les véritables
s à utricule non articulé, Meyen a vu la masse colorée en vert, d'abord
d'articulations, en être ensuite pourvue; quel-
e se divise en morceaux plus ou moins longs, et
ɔe se sépare en portions correspondantes à chacun
ments. Dans ce cas, la scission spontanée me
e plutôt une division de la masse des spores. Les
noniliformes qui, chez les espèces du genre nos-
roulés sur eux-mêmes dans la masse gélatineuse,
, suivant Meyen, par scission spontanée des vési-
llules qui les constituent : lorsque l'ancien nostoch
cellules s'échappent de la masse gélatineuse, cha-
s pouvant s'accroître et se convertir en un nouveau
). Les spores consistent en une masse gélatineuse un
cle et colorée en verdâtre, et sont remplies d'un
ucilagineux, clair comme de l'eau; au moment du
nent, l'enveloppe se gonfle, et devient la masse gé-
: du nostoch, dans laquelle se manifestent des parties
d'où proviennent les premières vésicules, qui, se
t par scission incessante, représentent enfin les filets
nes dans l'intérieur desquels sont logées les spores.

Fig. 194.

ht ueber die Verhandlungen der Ak. zu Berlin, 1836, p. 34.
System der Pflanzenphysiologie, t. III, p. 440.
ure 194 représente, d'après Meyen (*Pflanzenphysiologie*, t. X, fig. 20), le *Penicil-
n*, montrant le développement des spores par division de cellules tubuleuses.

Suivant Meyen, les semences des mousses et des hépatiques ne prennent pas non plus naissance dans l'intérieur des cellules, mais se produisent par division, et chacune d'elles résulte de la scission d'une semence plus grande, qu'on peut considérer en quelque sorte comme mère. Il rapporte également ici la multiplication des cellules qui a lieu, chez quelques conferves articulées, par exemple la *Conferva glomerata*, par des étranglements d'une excroissance. Dans les champignons inférieurs, le *Penicillum glaucum* entre autres, la formation des spores est, d'après lui, le résultat de strictures qui s'établissent de distance en distance sur la longueur de l'utricule filiforme. Dans le champignon de la fermentation (*Saccharomyces*), qui est composé d'une série de cellules rangées à la suite les unes des autres, chaque cellule nouvelle naît d'un bourgeon fourni par l'une des anciennes cellules, soit dans la direction générale de la petite plante, soit sur le côté (1). Les cellules se détachent avec facilité, et, une fois séparées, elles poussent à leur tour des bourgeons, de manière qu'elles ne tardent pas à représenter aussi de petits systèmes. Chaque cellule de la plante est ici une spore, ou, si l'on aime mieux, un individu, qui produit d'autres individus par gemmation; mais les individus qui constituent le système se détachent les uns des autres. La scission spontanée de ce champignon consiste donc en une séparation d'individus qui se sont formés les uns après les autres par gemmation. Ce phénomène a beaucoup de ressemblance avec celui qu'on observe chez les hydres, lorsque les petites hydres provenant du développement de bourgeons nés à la surface du corps de la mère se détachent de celle-ci, après avoir formé pendant quelque temps un système unique avec elle, et deviennent des individus jouissant chacun d'une existence indépendante.

Fig. 195.

CHAPITRE III.

De la propagation par gemmation.

La formation des bourgeons, considérée dans son essence, consiste en ce que, chez l'être organisé de manière à jouir d'une vie qui lui soit propre, une portion de la substance superflue pour l'exercice de cette vie se sépare sous la forme d'un organisme non développé, et arrive à posséder la vie en propre, mais sans toutefois perdre les liens qui l'attachent au tronc maternel. En prenant du développement, ce germe acquiert l'organisation particulière à l'espèce d'où il émane, et apparaît sous les traits d'un nouvel individu, qui tantôt demeure organiquement lié à la souche, et tantôt s'en détache. Cette séparation, qui a pour résultat d'isoler de la

(1) La figure 195 représente, d'après Meyen (*loc. cit.*, tab. X, fig. 22), le *Saccharomyces cerevisiæ*: en *e*, on voit pousser une petite vésicule, qui est plus prononcée en *f*, et plus encore en *g*.

e individuelle le germe d'une vie indépendante et d'un individu, suppose que le
nc bourgeonnant contenait déjà en lui-même le pouvoir de subvenir à plusieurs
s distinctes, et qu'en conséquence il était virtuellement un multiple. Quoique
gemmation soit une sorte de scission spontanée incomplète, elle diffère cepen-
nt de la multiplication par scission spontanée proprement dite, en ce que, dans
rganisme qui se divise de lui-même, l'organisation tout entière se résout en deux
ities ou en plusieurs parties complétement organisées, qui n'ont plus besoin
cquérir l'organisation propre à l'espèce, et qui ne subissent désormais d'autres
angements que ceux qui sont nécessaires pour l'intégration des parties sur les-
elles la division a porté; dans la gemmation, au contraire, le nouvel individu
st pas complétement organisé, et il a seulement le pouvoir d'arriver à se faire
e organisation complète. Ainsi, pour employer le langage de C.-F. Wolff, le
urgeon végétal est une plante simple, et le bourgeon animal un animal simple.
organisation primordiale du bourgeon consiste uniquement en ce qu'il renferme
parties primitives de toute organisation, c'est-à-dire les cellules, qui s'y trou-
nt en nombre, proportion gardée, peu considérable. Les bourgeons des végétaux
nt des amas de cellules végétales ordinaires. Les vaisseaux de la plante mère ne
ennent pas la moindre part à leur formation, et n'entrent que plus tard en re-
ion avec eux; car les bourgeons ne sont d'abord qu'une simple contraction du
su cellulaire de la moelle, comme l'ont enseigné Duhamel, Treviranus, Meyen
autres (1). Ce n'est point une cloison qui les sépare de cette moelle, entre
uelle et eux on n'aperçoit que de petites cellules (2). Leur développement a
u d'ordinaire sur le tronc maternel; mais ils peuvent aussi s'en détacher, et se
velopper à part, chez certaines monocotylédones et dicotylédones, et chez les
patiques.

Le bourgeon diffère de l'œuf, non seulement parce qu'il n'a pas besoin, comme
lui-ci, du concours de deux sexes pour se développer, mais encore parce que
lui-ci ne saurait prendre son développement ultérieur sur le tronc maternel, dont
est isolé par des membranes. Les spores d'un grand nombre de végétaux simples,
ui résultent d'une propagation à laquelle les sexes ne prennent aucune part, ne
uvent point être considérées comme des germes d'œufs.

Les causes du développement de bourgeons sur le tronc maternel sont, les
es internes, et les autres externes. Les organismes les plus simples forment une
rtaine quantité de substance possédant la puissance de produire l'organisation
dividuelle de l'espèce. Lorsque cette substance n'acquiert point une structure
rticulière adaptée à l'exercice des fonctions dont jouit en propre l'individu déjà
bsistant, et qui fasse qu'elle demeure soumise à l'action de la vie propre du tronc
aternel, elle déploie sa tendance à l'organisation individuelle, et le nouvel indi-
du résultant de là dépend de la plus ou moins grande masse de particules (cel-
les) qui arrivent à se joindre ensemble par l'effet d'une réaction réciproque, qui
ur cela même se trouvent exclues de toute réaction intime avec le tronc généra-
ur, tout comme on voit quelquefois d'autres masses de substance apte à l'orga-
isation être séparées d'une manière quelconque, par l'influence d'une cause exté-

(1) *Voy.* ce qui a été dit à ce sujet, sur les opinions de Gaudichaud, dans la note, à la 576.

(2) Treviranus, *Physiologie der Gewæchse*, t. II, p. 630.

rieure. Ainsi, lorsqu'il se forme, dans un corps organisé, de la substance que la vie propre de ce corps ne peut faire servir à des structures spéciales, ni par conséquent dominer, le multiple virtuel produit des bourgeons. La formation de cette substance semble pouvoir être expliquée en admettant que le multiple virtuel, devenu plus volumineux par l'effet de l'accroissement, tend, comme dans la tendance à la scission spontanée, à concentrer la force organisatrice sur des masses plus petites de matière.

Parmi les causes qui amènent la formation des bourgeons, chez les végétaux, se range aussi l'intermission de l'activité de la vie propre, qui a pour résultat de métamorphoser la matière en structures particulières des organes, ou, si l'on aime mieux, l'intermission de la nutrition générale. Beaucoup de plantes ne produisent de bourgeons que quand leur accroissement extérieur subit un temps d'arrêt, et qu'elles ont perdu leurs organes, leurs feuilles. De là vient que c'est surtout quand on a enlevé leurs feuilles qu'il devient facile de transplanter les végétaux. Mais, plus la plante emploie ses sucs à former des multiples de ses molécules de tissu et d'organes, moins elle est apte à produire de ces multiples qui, sans être ni *a*, ni *b*, ni *c*, renferment à la fois les forces de *a*, *b*, *c*, etc.

La formation de bourgeons peut être déterminée, chez les végétaux, par toute circonstance extérieure qui vient imposer des limites à l'accroissement général sur un point quelconque, ou qui seulement porte atteinte à la continuité du tissu cellulaire. Voilà pourquoi il se développe des bourgeons sur le bord des feuilles charnues soumises à une légère pression, et dans les plaies faites à l'écorce (1).

Formation de bourgeons chez les végétaux.

1° *Bourgeons des végétaux inférieurs ou non vasculaires.*

Les bourgeons des végétaux inférieurs sont tantôt des amas de cellules, et tantôt des cellules simples. Le premier cas a lieu chez les mousses et les hépatiques. Le second s'observe chez les conferves articulées et les trichomycètes. Ici les bourgeons sont des cellules simples, qui se produisent, soit par stricture d'une portion de l'utricule (gemmation par scission spontanée), soit par prolation d'une partie de la surface des cellules primitives, dont les excroissances se détachent ensuite, et deviennent des cellules indépendantes. Ces deux cas, dont j'ai déjà précédemment cité pour exemples, d'un côté, le *Penicillum glaucum*, de l'autre les conferves articulées, telles que la *Conferva glomerata*, et les champignons de la fermentation, ne diffèrent pas essentiellement l'un de l'autre.

2° *Bourgeons des végétaux vasculaires.*

Ici on doit distinguer plusieurs sortes de bourgeons.

a. Bourgeons axillaires et terminaux.

Les bourgeons des végétaux supérieurs sont des formations axillaires et des continuations immédiates de l'axe. Les formations foliaires se montrent encore parfois ici sous la forme d'écailles, qui enveloppent le sommet du noyau embryonnaire de l'axe; mais elles peuvent aussi manquer, et alors le noyau du bourgeon se trouve à nu. Ce noyau est composé de cellules, qui se développent en une nou-

(1) Treviranus, *loc. cit.*, t. II, p. 625, 626.

e pousse. Les bourgeons apparaissent la plupart du temps dans les aisselles des lles ; on en voit aussi se former à l'extrémité de la tige, et ceux-là portent ithète de terminaux. La moelle celluleuse des plantes en forme l'axe, et elle se tinue immédiatement avec les noyaux des bourgeons tant axillaires que termi- x. Le développement d'un bourgeon est toujours accompagné de la formation a noyau destiné aux pousses qui se produiront à la prochaine période de la étation (1). En même temps donc que l'organisation tend à son propre but, elle ne toujours quelque chose de plus, un produit qui est superflu pour elle, et s lequel se trouve renfermée, à l'état latent, la force qui devra servir à une étation future.

hez les végétaux phanérogames, les bourgeons sont nus ou pourvus d'enve- pes. Les plus simples de tous représentent ici des masses de cellules. Dans la ille d'eau, il sort d'une fente du parenchyme une petite feuille, qui devient plante nouvelle, et qui, avant sa sortie, possédait déjà une petite racine (2). Dans les arbres, au contraire, le bourgeon se compose de parties enfermées et parties enveloppantes, ou écailles. Voici quelle est sa structure, suivant Trevi- us. Le bourgeon lui-même apparaît, entre ses enveloppes, sous la forme n amas de corps celluleux, oblongs ou arrondis, qui sont le premier rudiment feuilles. A l'endroit où il se produit, la moelle est grossie, et le corps ligneux l'entoure est élargi. La moelle, jusqu'alors incolore, forme alors un cône vert cé de tissu cellulaire à très petites cellules, entouré d'une gaîne qui, sur la coupe, re une bandelette plus claire. Cette gaîne, formée par un prolongement de la che la plus interne du bois et par l'aubier, présente, à l'extrémité du cône, un e, sur lequel repose le bourgeon, qui par conséquent est la continuation im- diate de la moelle. Sur son côté externe, se prolonge la substance corticale in- ne et incolore de la branche, qui dégénère en écailles du bourgeon, tandis que orce externe verte de cette même branche cesse à la base des écailles les plus érieures. Dès que le bourgeon commence à se développer en branche, il se ne des vaisseaux en spirale, qui, en bas, s'appliquent au vieux bois, mais qui, haut, acquièrent leur forme propre à mesure que le bourgeon s'étend ; enfin ils stituent la base d'une nouvelle couche de bois, qui devient alors commune à la nche et au tronc, et qui occupe la première place sur la branche, la seconde le tronc (3). Les bourgeons à fleur diffèrent en ce que, sans fécondation, ils sont pas susceptibles d'un développement ultérieur. Une fois fécondés, ils res- emblent à des bourgeons caducs. Cependant il y a des cas rares dans lesquels bouton à fleur non fécondé produit une branche : c'est ainsi que, suivant Meyen, germe de l'œuf non fécondé du *Poa vivipara* devient un nouvel individu, à la ité incomplet.

b. Bourgeons adventifs.

On appelle ainsi ceux qui ne sont ni axillaires ni terminaux, et qui percent corce des anciens troncs d'arbres. Ils communiquent avec les rayons médullaires, sont par conséquent aussi des prolongements de la moelle, qui partout s'étend squ'à la surface des branches et des troncs. On les voit quelquefois se développer

(1) Meyen, *Pflanzenphysiologie*, t. III, p. 5-7.
(2) Treviranus, *loc. cit.*, t. II, p. 631.
(3) *Loc. cit.*, t. II, p. 632 ; t. I, p. 258.

en nombre immense sur des arbres qui ne peuvent plus se propager par des bourgeons axillaires ou terminaux, parce que l'émondage les a privés tant de leurs aisselles que des extrémités de leurs axes.

c. Bourgeons aux feuilles.

Il est beaucoup de plantes dont les feuilles poussent des bourgeons, soit habituellement, soit en certaines circonstances. L'exemple le plus connu de ce phénomène nous est fourni par le *Bryophyllum calicynum*, où les bourgeons, situés dans les crénelures des bords des feuilles, forment des élévations coniques. Ils se développent quelquefois sur la plante même, mais plus souvent et plus aisément après la chute des feuilles. Plusieurs fougères sont dans le même cas. Le phénomène a été vu aussi, parmi les plantes supérieures, chez le *Malaxis paludosa*, le *Cardamine pratensis*, et le *Lemna*.

d. Tubercules.

Les tubercules sont des tiges souterraines, qui consistent en une portion médullaire et une portion corticale très développées, entre lesquelles se trouvent les paquets de vaisseaux. Les bourgeons se développent dans cette portion tuberculeuse de la tige, exactement de la même manière qu'aux tiges aériennes. Comme la tige doit périr dans les plantes annuelles à tubercules, la portion de cette tige sur laquelle ceux-ci apparaissent est destinée à survivre. Les tiges souterraines le long desquelles se produisent des tubercules affectent, chez la jeune plante, la forme de rejetons dont la structure est la même que celle de la tige aérienne. Quand les tubercules s'y développent, elles se renflent sur un ou plusieurs points, tantôt parce que la masse de la moelle devient plus considérable, tantôt parce que celle de l'écorce acquiert plus d'épaisseur, et des globules d'amidon se forment dans les cellules de l'une ou de l'autre. D'abord les renflements sont petits, et par conséquent les vaisseaux spiraux de la tige peu écartés les uns des autres ; mais, à mesure que les tubercules croissent, ceux-ci laissent davantage d'espace entre eux. Des bourgeons peuvent se développer dans toutes les parties de la tige souterraine. Ici également leur noyau est une continuation de la moelle, c'est-à-dire une excroissance conique de la surface de la masse médullaire, qu'accompagnent des faisceaux de vaisseaux en spirale, qui perce l'écorce, et qui apparaît à la surface, dans un enfoncement. De jeunes tubercules du volume d'un pois montrent déjà très distinctement les bourgeons destinés à la prochaine période de la végétation (1).

e. Bulbes.

Les bulbes sont, d'après Treviranus, des bourgeons dont les écailles ont acquis une consistance charnue. Ils se forment sur le côté de la tige, restent quelque temps unis avec elle par un prolongement du tissu cellulaire et des vaisseaux, et s'en détachent par la dessiccation. Il peut s'en produire tant sur les tiges aériennes que sur les tiges souterraines. Les premières offrent des bulbilles dans les genres *Lilium*, *Allium*, *Saxifraga*, *Dentaria*. Beaucoup d'autres plantes en présentent dans les aisselles des feuilles ou des involucres. Lorsque le bulbe se développe, il tire sa nourriture des feuilles charnues qui le recouvrent.

(1) Meyen. *loc. cit.*, p. 26-34.

Formation de bourgeons chez les animaux.

Dans le règne animal, la gemmation s'observe principalement chez les polypes. lle a lieu plus rarement chez les infusoires, par exemple, chez les vorticellines. ars l'a vue chez les *Cytais* et autres acalèphes. Ce mode de génération est propre ux vers cystiques, parmi les entozoaires. Dans le genre *Cœnurus*, les vésicules ır lesquelles reposent les têtes individuelles sont en même temps un corps pro- ucteur de nouveaux individus, et ceux-ci naissent de petits tubercules, qui se rment sur la vésicule même. Dans le genre *Echinococcus*, les échinocoques evenus libres se métamorphosent en vésicules, sur la face interne ou externe esquelles apparaissent de nouveaux échinocoques, qui, après y être demeurés ttachés pendant quelque temps, au moyen d'un pédicule grêle, finissent par se ettre en liberté (1). De là vient que les générations mortes d'échinocoques repré- ntent des vésicules dans lesquelles sont contenues d'autres vésicules, et auxquelles n a donné fort improprement le nom d'acéphalocystes.

La marche de la gemmation n'a point ncore été observée chez les animaux, et ous ne possédons même point d'observa- ons microscopiques satisfaisantes sur la rmation des parties organiques dans cette asse d'êtres naturels ; il n'est pas sujet à oute que leurs bourgeons ne soient aussi es amas de cellules, qui non seulement multiplient par la formation de cellules mblables, mais encore se coordonnent et métamorphosent en tissus déterminés.

Fig. 196.

Chez les hydres (2), les bourgeons res- mblent d'abord à de petites saillies ar- ndies sur la surface du corps cylindrique, ns tous les points de laquelle, les bras ceptés, il peut s'en développer. Ces saillies ne tardent pas à acquérir la forme e l'animal, et, comme l'a fait voir Trembley, la cavité de la nouvelle hydre qui sulte de là communique avec celle de l'hydre mère (3).

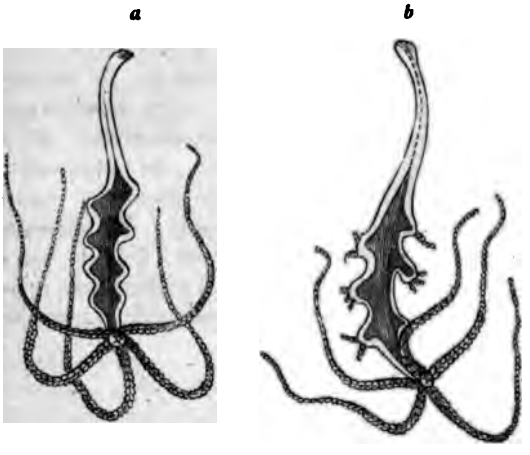
(1) Mueller's *Archiv*, 1836, p. CVII. — Siebold, dans C.-F. Burdach, *Traité de physiol.*, ad. par A.-J.-L. Jourdan, Paris, 1838, t. III.

(2) La figure 196 représente, d'après Laurent, une hydre portant un bourgeon normal nais- nt. A côté on voit le bourgeon grossi au microscope, pour montrer qu'il n'est pas le dévelop- ement d'une vésicule ou cellule, qu'il résulte d'une véritable hypertrophie de la paroi entière u corps de la mère.

(3) Laurent a beaucoup étudié les bourgeons des hydres (*loc. cit.*, p. 2-33). Ce sont de véri- ables tubercules formés par une extension hypertrophique du tissu de la mère, extension à la uelle participent les deux peaux, externe et interne, du sac stomacal, puisque, à l'origine même des gemmes, on voit la peau interne former un cul-de-sac, premier indice du futur bour- eon. Les bourgeons se développent normalement à la base du pied, et exceptionnellement sur ous les points du corps, depuis cette base jusqu'au voisinage de la bouche. Le nombre de ceux ui poussent ensemble dans cette partie ne dépasse pas quatre en général, et ils sont alors dis- osés en croix ; mais il arrive aussi qu'on en trouve un plus grand nombre. Les bras et le pied

Chez les sertulaires, le bourgeon représente une proéminence obtuse et close du petit tronc, à laquelle conduit le canal commun de la tige, et qui acquiert peu à peu l'organisation du polype, dont les bras apparaissent par suite d'une fonte qu'elle éprouve à sa partie antérieure (2).

Fig. 197 (1).



La gemmation a peut-être lieu chez les naïdes. Comme les nouvelles générations se produisent à l'extrémité postérieure de la mère, et que cette dernière pousse toujours de nouveaux anneaux, il n'est pas tout à fait certain que les corps rejetés ainsi par la naïde ne soient pas de simples bourgeons non développés, et qu'il n'y ait point ici développement de bourgeons terminaux, plutôt que scission spontanée.

Chez les coraux, les bourgeons ne tombent pas ; ils accroissent sans cesse le nombre des individus unis en générations cohérentes.

Dans certains animaux, il y a des espèces de stolons, sur lesquels se forment des bourgeons. C'est ce qu'on remarque chez les ascidies, les xenines, les sertularines, les alcyonelles (3).

De même que le tronc du végétal pousse souvent encore des bourgeons après qu'on a enlevé la couronne et les branches, de même il s'en produit quelquefois sur le polypier après la mort des polypes individuels (4).

n'en produisent jamais ; cependant, un bras peut pousser au moins un rejeton de bras, puisqu'on trouve quelquefois des hydres à bras bifurqués ou même trifurqués. Au microscope, Laurent n'a jamais vu aucun point des parois du sac stomacal offrir une disposition organique spéciale quelconque, soit permanente, soit temporaire. (*Note du trad.*)

(1) La figure 197 représente, d'après Laurent, l'hydre portant le long de chaque côté de son corps cinq bourgeons, de ceux qu'il appelle exceptionnels, pour les distinguer de ceux de la figure précédente, qui naissent au bas du corps. Ces bourgeons exceptionnels paraissent dans l'arrière-saison. Dans la figure *a*, ils commencent à se montrer ; dans la figure *b*, ils sont plus avancés et à des degrés divers de développement.

(2) Listen, *Philos. Trans.*, 1834, p. II.

(3) Ehrenberg, *Die Corallenthiere des rothen Meers.* Berlin, 1834.

(4) Ehrenberg, dans *Bericht ueber die Verhandlungen der Akad. zu Berlin*, 1836.

CHAPITRE IV.

Du détachement des bourgeons, ou de la division en tronc et bourgeon.

Les bourgeons peuvent se détacher d'eux-mêmes ou être détachés par l'art, à l'état soit de développement, soit de non-développement, et acquérir par là une complète indépendance. Tous ces cas se montrent chez les animaux, aussi bien que chez les végétaux (1).

1° *Séparation de bourgeons complétement développés.*

Les bourgeons développés des hydres peuvent être détachés du tronc maternel et continuer de vivre. Cette séparation de deux individus ne doit pas être confondue avec la scission artificielle d'un animal; car, avant qu'on les séparât, les deux individus avaient acquis déjà leur entier développement, et ils n'étaient qu'adhérents l'un à l'autre.

Chez les végétaux, on pratique très souvent la séparation de bourgeons poussés ou de rejetons, soit pour les ficher en terre, soit pour les greffer sur d'autres sujets. Cependant ces cas ne sont pas aussi purs que ceux qu'on observe chez les animaux. Car les boutures et les greffes sont ordinairement non des parties provenant de l'extension d'autres parties déjà existantes, mais des rejetons qui portent déjà des bourgeons, et chez lesquels ceux-ci prennent sur-le-champ un développement ultérieur.

2° *Séparation artificielle de bourgeons non développés.*

Ici se range la propagation des pommes de terre par les yeux détachés du tubercule. La pomme de terre doit être considérée comme une métamorphose de la tige souterraine. Il suffit d'en détacher les yeux, avec une partie du tissu cellulaire ambiant, pour que la reproduction ait lieu.

Les bourgeons détachés sont susceptibles aussi de reprendre sur d'autres plantes.

Il arrive très souvent qu'on détache un bourgeon avec un peu d'écorce et de bois, et qu'on le greffe sur un point correspondant d'une autre plante. Ces sortes d'expériences n'ont point encore été faites sur les animaux.

3° *Séparation spontanée des bourgeons complétement développés.*

Les bourgeons d'hydres qui ont acquis assez de développement pour constituer des individus parfaits, se séparent spontanément du tronc maternel, mais toujours après être restés assez longtemps en communauté de vie avec lui. Cette séparation a lieu aussi par une constriction qui fait peu à peu des progrès.

Chez les coraux, au contraire, tous les bourgeons développés demeurent constamment unis au tronc, comme chez les végétaux, et contribuent à le grossir par leurs additions successives.

4° *Séparation spontanée des bourgeons non développés.*

Ce cas est très commun chez les végétaux. On doit y rapporter la séparation des spores chez les trichomycètes et les mousses, chez plusieurs hépatiques, telles que les marchanties, les lunulaires, etc., et chez quelques fougères.

(1) H. Dutrochet, *Mémoires sur les animaux et les végétaux.* Paris, 1837, t. II, p. 115.

La formation des tubercules et des bulbes autour d'un corps vivant, soit que le tronc maternel persiste, soit qu'il périsse, se termine aussi par la séparation de ces bourgeons, avec la provision de substance nutritive qui a été fournie par la tige souterraine. Les bulbilles des dentaires, des saxifrages et autres végétaux tombent également de cette manière.

Les bourgeons caducs paraissent être rares chez les animaux. A la vérité, il était fort commun autrefois qu'on admît une génération sans sexes, par des corpuscules reproducteurs, par des spores; mais des observations plus exactes ayant constaté l'existence d'organes génitaux, il est devenu vraisemblable que, dans beaucoup de ces cas, les corpuscules reproducteurs reçoivent leur aptitude à se développer de l'influence qu'exercent l'un sur l'autre deux individus de sexes différents (1). Il a été impossible jusqu'ici d'observer une ligne de démarcation tranchée entre l'une et l'autre espèce de ces corpuscules, même chez les végétaux, chez ceux qu'on nomme cryptogames. Tout germe qui se produit sans le concours des deux sexes rentre dans l'idée qu'on se fait des bourgeons, qu'ils soient d'ailleurs formés de cellules simples ou de cellules composées.

Les bourgeons caducs se rapprochent beaucoup de la nature des germes contenus dans les œufs, ou de ceux qui deviennent aptes à se développer par l'effet d'une influence sexuelle. Dans l'un et l'autre cas, il manque encore à l'organisation complète de la plante ou de l'animal, et l'organisation se borne à la présence d'une ou plusieurs cellules contenant la puissance d'acquérir celle qui est nécessaire pour représenter parfaitement l'idée de l'espèce. Dans les bourgeons caducs, les conditions ordinaires de la vie suffisent pour mettre en train le développement; mais, dans les germes des œufs, il y a quelque chose qui les empêche de tendre d'eux-mêmes à l'organisation, et une influence complémentaire est indispensable pour qu'ils puissent déployer cette tendance. Le germe de l'œuf et la graine possèdent le pouvoir d'atteindre l'organisation déterminée de leur espèce, et nous en avons la preuve dans la transmission par la génération des qualités individuelles propres au père ou à la mère; mais ni l'un ni l'autre ne peut exercer ce pouvoir

(1) Quatrefages a décrit (*Ann. des sc. nat.*, t. XX, p. 230) chez un nouvel animal marin, voisin des hydres (*Synhydra parasites*), mais qui n'est pas libre, et se compose de plusieurs individus groupés ensemble et réunis par une partie commune, un mode de reproduction qui diffère un peu de celui des hydres. La synhydre se reproduit de trois manières : par bourgeons, par œufs et par *bulbilles*. Les bourgeons semblent résulter également de l'épaississement de la couche épidermique; ils deviennent des polypes qui demeurent adhérents à la masse commune. Les œufs se produisent surtout au voisinage des points d'attache des polypes. Quatrefages n'a pu découvrir par quel mécanisme ils sont chassés au dehors, et jamais il n'en a rencontré qui fussent près de la surface, de sorte qu'il ne pense pas qu'ils s'échappent directement du milieu des tissus où ils se sont développés, comme cela arrive chez les hydres d'eau douce. Quant aux *bulbilles* (bourgeons caducs), elles naissent sur des animaux particuliers, différents des autres polypes de la synhydre, et que Quatrefages appelle *polypes reproducteurs*, parce que, dépourvus de bouche et ne pouvant nourrir ni eux ni leurs frères, ils sont destinés uniquement à propager l'espèce par un mode particulier de reproduction. Ces bulbilles sont de vrais bourgeons, qui, dans leur jeune âge, ressemblent entièrement à ceux de l'hydre; mais, au lieu de se développer en entier sur le lieu même où ils ont pris naissance et de ne quitter leurs parents que quand ils sont devenus animaux parfaits, ils se détachent avant cette époque et vont au loin subir les modifications nécessaires à leur nouvelle existence. (*Note du trad.*)

u'après avoir été complété par un supplément. Or les bourgeons et les corpuscules eproducteurs gemmiformes ne sont point assujettis à cette condition.

La génération par scission ou par gemmation et la génération sexuelle diffèrent ussi l'une de l'autre en ce que la première reproduit bien plus sûrement les qua- ités de l'individu. C'est ce qui fait qu'on préfère la propagation par bouture ou ar greffe toutes les fois qu'on se propose de réunir l'ensemble des qualités du tronc naternel dans le nouvel individu. La génération sexuelle, au contraire, ouvre un hamp plus vaste aux variétés, et ne reproduit jamais sûrement l'individu : on ne eut compter sur elle que pour la production du genre et de l'espèce.

Au reste, il n'est pas rare que des germes d'œufs dégénèrent en spores ana- ogues à des bourgeons. De nombreuses observations ont établi que certains papil- ons (1), complétement isolés des mâles, pondent des œufs d'où proviennent de eunes animaux. Un autre fait plus connu, et auquel Bonnet a procuré une grande élébrité, c'est que les pucerons, qu'on tient séparés des mâles depuis le moment e leur naissance, n'en mettent pas moins au monde des petits vivants (2). Il y a ussi des cas rares, chez les végétaux, où, comme dans une espèce de *Poa*, les eurs non fécondées produisent un nouvel individu, qui continue de croître. En es circonstances donc, le germe de l'œuf, qui, dans le sens de la génération exuelle, appartient à la femelle seule, acquiert la nature du bourgeon, parce qu'il e se développe pas en lui l'obstacle qui ordinairement rend nécessaire l'interven- on de la semence du mâle.

CHAPITRE V.

Théorie de la génération sans le concours des sexes.

La production d'êtres organisés par d'autres êtres organisés peut être consi- érée, ou comme une formation de nouveaux germes par l'organisation déjà subsis- nte, ou comme une simple mise en liberté de germes qui se trouvaient contenus ns un individu dès le début même de son existence.

(1) Les papillons crépusculaires et nocturnes ont seuls, jusqu'ici, fourni des exemples de ce énomène, qu'on a observé plus particulièrement dans l'*Euprepria casta*, l'*Episema cœru- ocephala*, les *Gastropacha potatoria*, *quercifolia et pini*, le *Sphinx ligustri*, le *Smerinthus puli*, et que Lacordaire a vu aussi chez le *Bombyx quercus*. Parmi les œufs que pondent si mmunément les lépidoptères nocturnes qui n'ont jamais connu le mâle, il s'en trouve quel- uefois de fertiles, mais en très petit nombre. Lacordaire rapporte que Carlier a obtenu, sans ccouplement, trois générations du *Liparis dispar*, dont la dernière ne donna que des mâles, ce ui mit fin à l'expérience. (*Note du trad.*)

(2) Bonnet était parvenu à obtenir des pucerons dix générations successives, sans intervention e mâle Duvau (*Mém. du Muséum d'hist. nat.*, t. XIII, p. 126) est allé jusqu'à onze; mais on ne onnait pas encore la vraie limite, car les générations obtenues par ces deux observateurs furent rrêtées, non par l'impuissance des insectes eux-mêmes, mais par l'hiver, qui fit périr les puce- ons. Kyber, en renfermant dans une serre chaude, pendant l'hiver, les plantes sur lesquelles il élevait des *Aphis dianthi*, a vu ces derniers se propager pendant quatre années de suite, sans que, dans ce long intervalle, il y eût aucun rapprochement entre les individus des deux sexes. Voyez aussi Dutrochet, *Mémoires*, t. II, p. 442. (*Note du trad.*)

L'hypothèse suivant laquelle la génération se réduit au développement de ce qui existait depuis l'instant même de la création constitue la *théorie de l'évolution*, parmi les partisans de laquelle on compte les hommes les plus célèbres, tels que Bonnet, Haller et même Cuvier. Elle suppose que les premiers germes créés d'une espèce contenaient en miniature tous les individus qui devaient paraître les uns après les autres dans la série des temps, et cela de telle sorte qu'une génération renfermait toujours non seulement celle qui devait venir immédiatement après elle, mais encore toutes les autres. C'est ce qui fait qu'on lui a donné aussi le nom de *théorie de l'emboîtement*. Quant aux germes, on les a cherchés, tantôt dans les œufs, et tantôt dans les animalcules spermatiques.

Une autre doctrine, opposée à la précédente, est celle de l'*épigénèse*, dont les fauteurs nient l'emboîtement des germes. Suivant eux, les germes sont le produit d'une formation à chaque fois nouvelle, accomplie par l'organisation déjà existante. C.-F. Wolff a été le célèbre et heureux défenseur de cette théorie, que les naturalistes les plus considérés des temps modernes ont adoptée.

Sous la forme grossière que la théorie de l'évolution avait chez les anciens, rien n'était plus facile que de la renverser, comme elle l'a été effectivement par C.-F. Wolff et par Blumenbach (1). Car le germe ne renferme pas en miniature la forme parachevée d'un être organisé, et les temps sont passés où cette hypothèse pouvait être défendue avec quelque espoir de succès. Le germe de l'embryon des mammifères, au moment de sa première apparition, n'a pas la moindre analogie de forme avec ce qu'il doit être un jour; on voit naître les organes sous ses yeux, tandis que, s'ils avaient déjà existé en miniature, ils devraient seulement acquérir de plus grandes dimensions. Tous les tissus proviennent de cellules, et tous les organes se composent de tissus. La théorie de l'évolution ne serait donc soutenable aujourd'hui qu'autant qu'on la présenterait sous des dehors plus subtils. En effet, un organisme revêt l'une après l'autre deux formes différentes, celle de germe, quand il n'a encore que la puissance d'acquérir la configuration propre à son espèce, et celle d'être achevé, quand il est revêtu de cette configuration spéciale; mais il revient en partie à sa forme première par la production de germes nouveaux qu'il accomplit. La théorie de l'évolution devrait aujourd'hui prendre pour point de départ que l'emboîtement a lieu dans la forme du germe, que l'organisme parachevé contient la génération suivante sous la forme de germe, et que les germes contiennent également les générations subséquentes sous celle de germes. En prenant les choses de cette manière, il existe réellement des blocs de plusieurs générations successives, par exemple chez les polypes, les naïdes ; et la femme enceinte elle-même renferme en elle une génération non développée, l'enfant dont l'ovaire contient déjà les germes (ovules, avec leur vésicules germinatives) d'une troisième génération. Notre vue, même avec le secours du microscope, n'aperçoit sans doute rien au delà de l'œuf, de la vésicule germinative et de la tache germinative; mais on pourrait prétendre que l'insuffisance de cette faculté et de nos instruments en est l'unique cause, et à cela il n'y aurait rien à répondre, quant à l'argumentation. Cependant nous n'avons pas besoin de prendre le problème aussi

(1) WOLFF, *Theoric der Generation*. Halle, 1764. — BLUMENBACH, *Ueber den Bildungstrieb*. Gœttingue, 1791.

mpliqué qu'il se présente dans la génération opérée par le concours des sexes. :lle qui n'exige pas ce concours donne absolument le même résultat. Elle nous rmet de laisser de côté tous les mystères de la génération à l'aide de sexes, et : prendre pour notre point de départ qu'un corps organisé forme un multiple r scission, par gemmation, par accroissement, que les cellules elles-mêmes, éléents des corps organisés, produisent leurs semblables, soit par formation de noulles cellules dans leur intérieur, soit par division, par séparation d'excroissances ıi poussent à leur surface, et qu'enfin il y a des organismes dans lesquels chaque llule est un germe, qui reproduit tous les germes de l'espèce par des excroisnces développées à la surface de cette cellule.

Ces faits fournissent les arguments les plus solides entre la théorie de l'évolun. Une organisation complète, qui peu auparavant était soumise à une volonté nique, se scinde, et, aussitôt après la division, elle a deux volontés, ce qu'on ne ent au moins pas nier de certains vers, dont les deux moitiés se meuvent chacune part, dès que l'animal a été coupé en deux. La division spontanée d'un organisme :hevé fournit aussi une preuve de même genre, puisque cet organisme se partage ors en deux êtres ayant chacun sa détermination propre, sans que le multiple ıit provenu du développement de germes emboîtés les uns dans les autres. La emmation des végétaux les plus inférieurs exclut également la théorie de l'évoıtion, car nous voyons là un multiple se produire par division d'une cellule simle, ou la cellule pousser un cul-de-sac, qui, bien que faisant partie d'elle-ême, devient un nouveau germe par l'effet d'une constriction graduelle, comme s observations de Meyen l'ont établi pour les conferves articulées, et celles de agniard-Latour, de Schwann, de Turpin, de Meyen, pour les champignons de ı fermentation.

Si donc les germes des corps organisés ne renferment pas en eux-mêmes la seıence des multiples de la génération prochaine et de toutes les générations subséuentes, si c'est en s'accroissant et en s'assimilant la matière ambiante qu'ils cquièrent l'aptitude à produire des multiples, il ne reste qu'une seule chose à dmettre, c'est que tous les multiples naissent par scission. Ou la force essentielle 'un être organisé a la propriété de ne pas perdre par une division infinie la puisance configuratrice ou plastique qui lui appartient en propre, ou bien, en s'assiıilant la matière étrangère et les forces latentes dans cette matière, elle a acquis aptitude à se diviser en faveur de plusieurs êtres organisés. Dans ce dernier cas, s semences de tous les êtres existent à l'état latent dans le monde matériel, et organisme se les approprie, ou bien le monde matériel renferme une force proéiforme, susceptible de revêtir toutes sortes de formes, qui, pénétrant avec la natière dans des organismes déterminés, se trouve forcée à produire des effets léterminés par la forme déjà existante. C'est là ce qu'on nomme le *panspernisme.*

La théorie de la génération a fait de grands progrès dans ces derniers temps par la découverte des propriétés vitales dévolues aux petites molécules dont, suivant les observations, bien connues et tant de fois répétées, de Schwann, les végétaux et les animaux sont originairement composés. Toutes les parties des végétaux et des animaux naissent de cellules. Le germe des animaux et d'un grand nombre de végétaux est même une simple cellule, et le germe gemmaire est toujours ou un

amas de cellules ou une cellule unique. L'embryon végétal et animal qui s'accroît est également composé d'un grand nombre de cellules semblables à la première. Chez les végétaux inférieurs, les champignons de la fermentation, une cellule quelconque qui se sépare du tout, ou que l'art en détache, suffit pour procurer une multitude de ses pareilles.

De tous ces faits on peut tirer deux conséquences, que Schwann (1) a déjà examinées, et dont l'une ou l'autre doit être vraie, car il n'y pas moyen d'en admettre une troisième.

1° Comme tous les tissus et toutes les parties qui croissent proviennent de cellules semblables à celles dont il existe une ou plusieurs dans le germe; comme toutes les cellules contenues dans l'organisme qui s'accroît forment au dedans (cellules du cartilage, cellules de la corde dorsale), ou au dehors (cellules épithéliales) d'elles-mêmes des cellules de même espèce, par l'action qu'elles exercent sur la matière alimentaire ambiante; comme, chez les végétaux les plus inférieurs, toute cellule qui se détache du tout peut devenir un nouvel organisme; comme, chez certains animaux inférieurs, les hydres par exemple, tout lambeau détaché du corps, quelque petit qu'il soit, peut devenir un animal entier; comme enfin les molécules des tissus composant le lambeau de polype, de quelque nature que soient ces tissus (fibres musculaires, nerveuses, etc.), doivent toutes leur origine à des cellules, la conclusion est non seulement qu'un être organisé peut être une cellule, mais encore que tout organisme adulte est une masse de cellules, ou de parties provenant de cellules, et que chacune des molécules qui le constituent possède la puissance de produire le tout (2). Cette proposition est manifestement vraie à l'égard de certains êtres organisés, tels que les trichomycètes, et même, jusqu'à un certain point, les hydres; mais il n'est pas démontré qu'elle puisse s'appliquer d'une manière générale. Admettons néanmoins, pour un instant, qu'elle ait réellement ce caractère, et voyons quelles seront les conséquences ultérieures de la théorie.

Si chaque cellule d'un organisme entier et le produit de cellules ont le pouvoir de former le tout, par production de nouvelles cellules, par agrégation de cellules sous des formes déterminées, par métamorphose de cellules dans la vue d'atteindre tel ou tel but particulier, d'où vient que ces masses de cellules et de molécules nées de cellules ne restent pas tout simplement agrégées ensemble, et que la plupart du temps elles ne se réunissent que pour produire la forme de l'espèce? Cette tendance à un but commun, vers lequel tend aussi chacune d'elles en particulier, dépend-elle d'une action mutuelle qu'elles exerceraient les unes sur les autres, de même que les citoyens d'un état ou les abeilles d'une ruche tendent à ce qui peut tourner à l'avantage de tous; ou bien parmi les cellules ou monades, s'en trouve-t-il qui aient la prééminence sur les autres, à la domination desquelles celles-ci demeurent soumises, tant qu'elles font partie du tout, de même que les polypes sont soumis à la forme et à la volonté générale du polypier, tant qu'ils y demeurent attachés?

Comment se fait-il ensuite que certaines cellules du corps organisé, quoique

(1) *Mikroskopische Untersuchungen*, p. 220.

(2) Schwann, *loc. cit.*, p. 227.

ıbles aux autres et à la cellule première du germe, ne puissent cependant ire autre chose que leurs semblables, c'est-à-dire des cellules, et ne soient susceptibles de devenir le germe d'un organisme entier? Comment se fait-il s cellules de corne ou de cartilage puissent bien, en s'appropriant la matière, r en elles des cellules nouvelles de corne et de cartilage, mais qu'elles ne point aptes à produire des embryons ou des bourgeons? Comment se fait-il hez les hydres elles-mêmes, il y ait des parties du corps, telles que les bras, puissent pas devenir de nouveaux polypes quand elles ont été détachées? énomène peut dépendre de ce que les cellules, quoique contenant toujours sance de former le tout, ont cependant subi, par la métamorphose spéciale r substance en corne, etc., une suspension telle de leur activité vitale, que ulement elles ont bientôt perdu leur aptitude à se reproduire dans l'orga- dont elles font partie, et qu'ainsi frappées de mort elles se sont détachées sous d'écailles, mais encore qu'après leur séparation elles ne peuvent plus repro- le tout. Tout homme qui réfléchit peut tirer ces conclusions des faits précé- ; mais elles n'en découlent pas d'une manière nécessaire.

emble que, dans cette hypothèse, on attribue une trop grande importance ellules. Les difficultés de l'appliquer aux animaux supérieurs sont si grandes, devient invraisemblable comme théorie générale, tandis qu'on n'en peut ter la vérité eu égard aux êtres organisés inférieurs.

La puissance de produire l'organisme entier n'appartient point à toutes les s qui se forment pendant l'accroissement, ni aux molécules de tissus qui en nnent : cette force, qui, d'après le principe, appartient à une seule cellule, moins à un petit nombre de cellules, c'est-à-dire réside dans le germe, aug- bien ensuite par l'effet de l'accroissement, mais il se produit une multitude lules qui ne possèdent que le pouvoir de former leurs semblables, et non le produire le tout, comme les cellules cornées, les cellules de cartilage, les musculaires; toutes ces cellules, qui n'ont acquis qu'un développement in- let, et qui diffèrent même les unes des autres au point de vue chimique, tuent, prises ensemble, l'organisation entière ou complétement déployée, -dire ce qui n'existait qu'à l'état de non-développement, ou, autrement dit, llement, dans la cellule germinative ou dans les cellules reproductives du con. L'accroissement consiste donc, du moins partiellement, en ce que le *potentiel* d'une cellule se transforme en un tout *explicite*, avec des cellules reuses, différentes les unes des autres quant à leur structure et à leur con- ion chimique. Comme toutes ces cellules spéciales produisent également pareilles, soit au dedans, soit au dehors d'elles-mêmes, par une métamor- qu'elles font subir à la matière, et qu'en conséquence le nombre des cellules eur ressemblent va toujours en augmentant, l'organisme adulte est un tout cite, avec un multiple de ses particules les plus simples; car l'adulte contient ultiple des cellules de cartilage de l'embryon, un multiple de ses fibres mus- res, etc.

pendant l'adulte ne doit pas être considéré uniquement comme un tout ex- te; il est bien tel, quant à la pluralité des parties de son corps, mais il est en- beaucoup plus. La puissance d'être implicitement ou virtuellement le tout n'est t éteinte en lui, et la faculté qu'il possède de se multiplier par gemmation,

par génération, n'est pas uniquement la conséquence d'une action réciproque entre les molécules organisées d'une manière spéciale; on parvient sans peine à démontrer que le pouvoir de produire le tout pénètre encore de toutes parts l'organisme entier.

En effet, outre que la tête d'une hydre, après avoir été détachée du corps, reproduit tout ce qui lui manque pour constituer un polype parfait, un individu de l'espèce humaine, quel que soit son sexe, ne procrée pas moins des enfants complets, bien qu'il ait perdu ses jambes. On pourrait certainement enlever beaucoup d'autres parties encore, sans que ce qui reste perdît le pouvoir de procréer le tout. De plus, la multiplication par scission spontanée artificielle nous prouve qu'il y a un degré d'organisation où le pouvoir de maintenir la vie du tout ne tient pas uniquement à la réaction mutuelle des diverses parties ou cellules constituantes, puisque la somme de ces parties peut être divisée sans que ce pouvoir soit compromis.

Non seulement tous les êtres organisés, à partir du premier moment de leur développement, produisent des cellules, qui, prises ensemble, constituent explicitement le tout, mais encore, pendant que, de cette manière, ils augmentent sans cesse la somme de leurs particules constituantes, ils forment des cellules, ou des amas de cellules, qui sont virtuellement un tout, c'est-à-dire qui possèdent le pouvoir de produire toutes les cellules destinées à des buts particuliers. L'accroissement de tous les êtres organisés comprend donc deux choses fort différentes, d'abord l'ampliation de la forme individuelle par multiplication des particules qui la constituent, ensuite la multiplication de la forme de l'espèce dans un état de non-développement, dans un état où tout ce qui doit être séparé un jour se trouve encore confondu ensemble, en un mot sous les dehors soit d'un bourgeon renfermant en lui-même tout ce dont il a besoin pour se développer, soit d'un germe qui ne peut en faire autant qu'après avoir subi l'influence de la fécondation. La substance capable de se développer sans le secours de la fécondation, et qui, dans son état de plus grande simplicité, n'est autre chose qu'une cellule isolée, se produit ou dans toutes les parties ou dans le plus grand nombre des parties d'un être organisé: ainsi la plupart des parties d'une hydre ou d'un végétal poussent des bourgeons. Ou bien cette substance ne se produit que dans un organe spécial du tout, sous forme d'ovule dans l'ovaire, de sperme dans le testicule. Nous avons déjà vu que tout accroissement consiste en la formation d'un multiple virtuel. Maintenant nous reconnaissons que cette multiplication s'accomplit de deux manières, c'est-à-dire qu'il y a, d'un côté, multiplication des cellules constituant le mécanisme de l'organisation individuelle, et, d'un autre côté, production de multiples potentiels ou non développés, autrement dit, de cellules primitives. Ces deux modes marchent d'un pas égal dès le principe; dès que la plante pousse un rejeton, les germes des bourgeons prochains se produisent; de même, on trouve déjà, dans l'ovaire de l'enfant, des germes d'une nouvelle génération.

SECTION II.

DE LA GÉNÉRATION PAR LE CONCOURS DES SEXES.

CHAPITRE PREMIER.

Des sexes.

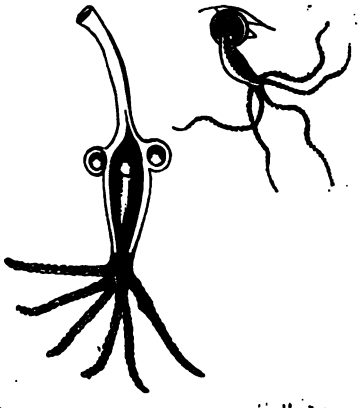
Dans la génération qui s'opère par le concours des sexes, les germes, quoique ayant l'aptitude à propager le genre, l'espèce et même l'individu, ne peuvent pas déployer leur organisation propre sans avoir préalablement subi l'influence d'une matière, appelée sperme, qui a de l'affinité avec eux, bien qu'elle en soit différente. Le sperme propage bien aussi les qualités du genre, de l'espèce et même de l'individu, mais seulement par l'action qu'il exerce sur l'œuf. Celui-ci devient donc le théâtre de tous les changements qui ont trait à la production d'un nouvel individu.

Tantôt le sperme et les œufs se produisent chez des individus différents, et la fécondation s'opère, ou dans l'intérieur de l'organisme, les deux sexes s'unissant ensemble, ou au dehors de l'organisme, la semence de l'un des sexes entrant en rapport avec l'ovule de l'autre. Tantôt, au contraire, le sperme et l'ovule se forment chez un même individu, dans des organes différents, ce qui est le cas de tous les végétaux et animaux appelés hermaphrodites. Le dualisme des sexes n'implique donc pas nécessairement celui des individus; la procréation avec le concours des sexes peut, tout aussi bien que celle par gemmation ou scission, être accomplie par un seul individu.

Autrefois on admettait fréquemment l'existence d'espèces animales n'ayant que des individus femelles. On regardait comme tels les animaux inférieurs, les polypes, les acalèphes, les échinodermes, parce qu'on voyait des œufs chez tous les individus, et qu'on ne connaissait pas les organes mâles, qui sont plus difficiles à constater par la présence des animalcules spermatiques. Mais comme on connaît déjà les appareils sexuels doubles chez les échinodermes, et que les organes mâles ont été découverts chez les polypes, les méduses, les rotatoires, les infusoires, il n'est plus permis aujourd'hui de croire à des animaux dont tous les individus seraient femelles. D'ailleurs, un œuf qui n'aurait pas besoin, pour se développer, d'être préalablement fécondé par la semence masculine, serait non point un œuf, mais un bourgeon caduc, et l'individu qui le produirait n'aurait aucun titre à l'appellation d'animal femelle. Il ne manque pas d'animaux qui produisent des bourgeons; mais les bourgeons animaux ne tombent pas comme bourgeons, ils se développent sur le tronc même qui les a produits. Les animaux qui ne se propagent que par des bourgeons sont ceux des genres *Cœnurus* et *Echinococcus*. Les polypes

produisent à la fois des bourgeons et des œufs. Chez les hydres (1) les œufs paraissent à la surface du corps cylindrique de l'animal, parce que c'est là que l'ovaire se trouve situé (2) : ces œufs diffèrent des bourgeons par leur enveloppe dure et cornée.

Fig. 198.



Chez les végétaux, les organes mâles et les organes femelles sont, tantôt réunis dans une même fleur (*hermaphrodisme*), tantôt répartis dans des fleurs différentes, soit sur un même individu (*monoécie*), soit sur des individus différents (*dioécie*). Ce dernier cas, qui est très commun chez les animaux, général même chez les insectes, les arachnides, les crustacés et les vertébrés, est le plus rare de tous chez les végétaux. Il arrive souvent, chez les végétaux dioïques, qu'un sujet dont la plupart des fleurs appartiennent à un sexe, en produit cependant quelques unes qui renferment les organes de l'autre sexe; la mercuriale, l'épinard, etc., fournissent des exemples de cette particularité.

Les animaux hermaphrodites tantôt se fécondent réciproquement, et tantôt se fécondent eux-mêmes.

1° Dans le premier cas, où les deux individus se fécondent simultanément, comme il arrive chez beaucoup de mollusques et de vers hermaphrodites, les organes mâles de l'un fécondant les organes femelles de l'autre, et les organes mâles de celui-ci exerçant la même influence sur les organes femelles du premier, ou bien il n'y a qu'un seul des deux individus qui soit fécondé, les organes n'étant pas

(1) La figure 198 représente, d'après Laurent, en *a*, une hydre qui porte à la base du pied quatre œufs, dont trois sont visibles. L'un des œufs latéraux est mi-pondu, c'est-à-dire qu'il a déchiré la peau qui le recouvrait; mais il tient encore au corps de la mère par son hémisphère interne. En *b*, on voit un œuf séparé, d'où sort une jeune hydre.

(2) Les recherches de Laurent (*Rech. sur l'hydre et l'éponge d'eau douce*. Paris, 1844), confirmatives d'une partie de celles qu'avaient déjà faites Pallas, Wagner et Ehrenberg, ont établi que les hydres et les spongilles se reproduisent à certaines époques par des œufs. Chez l'hydre, c'est à la région de la base du pied, qui correspond au cul-de-sac stomacal, que ces œufs se manifestent dans l'arrière-saison; cependant il peut aussi en naître sur tous les points de la peau qui enveloppe le sac stomacal. Dans le premier cas, l'état normal est qu'il s'en trouve quatre, tous de même grandeur; dans le second, on en compte depuis cinq jusqu'à sept, douze, quinze et vingt, de taille très variable, depuis 1/5 à 1/4 de millimètre jusqu'à 1/2 millimètre. Ces œufs se développent sous la forme d'une pustule à base large, qui devient de plus en plus sphérique. Un moment arrive enfin où l'œuf déchire la peau très distendue, et s'échappe au dehors. Il se compose d'une coque mucoso-cornée, renfermant dans son intérieur une substance liquide et globulineuse. Ce qui caractérise ces productions comme œufs, c'est qu'elles sortent à travers une déchirure de la peau, et se détachent du corps de la mère sous forme de corps sphériques tout à fait immobiles; que la substance qu'elles contiennent se développe sous la coque, hors du corps maternel, et subit dans cette coque une sorte d'incubation; enfin que l'individu qui résulte de cette incubation sort de sa coque sans avoir jamais eu aucune continuité de tissu avec le corps de sa mère. Chaque œuf ne contient jamais qu'un seul individu, qui en sort tantôt par la tête et tantôt par l'autre extrémité. Laurent a tracé fort au long (p. 11, 13, 21, 40, 45) l'histoire de la formation et les résultats de l'examen microscopique de ces œufs. (*Note du trad.*)

disposés de manière que la fécondation réciproque puisse avoir lieu; c'est ce qui arrive, d'après les observations de Henle, chez les *Helluo*, où l'un des individus introduit sa verge dans le corps de l'autre, qui tient la sienne allongée sans l'introduire. Cependant il peut se faire, dans cette seconde catégorie, que plusieurs individus se fécondent réciproquement, par accouplement en série, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, de telle sorte que *a* soit fécondé par *b*, *b* par *c*, *c* par *d*, *d* par *e*. Ce mode d'imprégnation a lieu chez les lymnées, qu'on rencontre nageant accouplées en chapelet. Le dernier individu de la chaîne n'est point fécondé; il ne fait que féconder celui qui précède.

2° Chez les animaux hermaphrodites qui peuvent se féconder eux-mêmes, tantôt la semence trouve, dans l'intérieur du corps, une voie ouverte qui lui permet d'arriver aux œufs, comme chez les rotatoires, d'après Ehrenberg, et les distomes suivant Siebold; tantôt, quand les organes dans deux sexes sont multiples sur un animal articulé, une partie du corps peut s'infléchir volontairement vers l'autre, et se comporter comme mâle à l'égard d'une autre qui joue le rôle de femelle. Il n'est pas rare de trouver deux tænias accouplés ensemble; cependant un jeune naturaliste, enlevé trop tôt à la science, F. Schultze, a vu une fois ce ver accouplé avec lui-même, et j'étais présent lorsqu'il montra le fait à Rudolphi (1).

La répartition des sexes, chez les animaux, a été réglée de telle manière que les articulés et les vertébrés n'offrent aucune trace d'hermaphrodisme normal; mais, ailleurs, la nature s'est si peu astreinte à des distinctions tranchées, qu'il n'est pas rare de rencontrer, dans une même classe, des animaux hermaphrodites et d'autres composés d'animaux à sexes séparés, qu'il y a même des ordres dans lesquels on trouve des familles offrant l'une et l'autre disposition.

Les infusoires, les rotatoires, les échinodermes (2), les vers articulés paraissent tous hermaphrodites, comme l'ont appris les recherches des anatomistes. Ehrenberg a démontré les organes sexuels mâles et femelles chez un grand nombre d'infusoires. Les polypes sont également hermaphrodites pour la plupart. Cependant il se trouve des polypes mâles et des polypes femelles chez les campanulaires, d'après les observations d'Ehrenberg et de Lowen; en effet, beaucoup de polypes du tronc sont pourvus d'une organisation complète pour la vie individuelle; chez d'autres, au contraire, les bras et les organes internes essentiels à la vie individuelle sont comme atrophiés, et les polypes sont pour ainsi dire convertis en des ovaires; en effet, Cavolini et autres les ont décrits pour tels (3); Nordmann a publié des observations analogues sur la *Tendra zostericola*, chez laquelle on trouve des cellules mâles et des cellules femelles à côté les unes des autres; les testicules des mâles consistent en huit organes vermiformes situés au voisinage des tentacules. Les œufs des cellules femelles sont fécondés par des animalcules spermatiques des polypes mâles (4). Les ovaires et les testicules sont connus chez d'autres polypes, ainsi

(1) Rudolphi, dans *Abhandlungen der Akad. zu Berlin*, 1825, p. 45.

(2) L'existence de sexes séparés chez les Echinodermes a été observée par Valentin dans les *Holothuria* et *Spatangus* (*Repertorium*, 1840, p. 301), par Wagner dans les holothuries, par Rathke dans les *Asterias* et *Ophiura* (Froriep's *Notizen*, XXI, p. 46, 269, 431), par Peters dans les oursins (Mueller's *Archiv*, 1840, p. 144).

(3) Lowen, dans Wiegmann's *Archiv*, t. III, p. 249.

(4) *Ann. des sc. nat.*, II, 185.

que chez les actinies, où Wagner a découvert les animalcules spermatiques dans des tubes contournés (1). Milne Edwards (2) a aussi aperçu des utricules analogues chez les coraux, quoiqu'on ne sache pas s'ils contiennent des animalcules spermatiques (3).

Dans la classe des acalèphes, les méduses au moins paraissent avoir des sexes séparés, d'après les observations de Siebold. Les mâles de la *Medusa aurita* sont plus petits que les femelles, n'ont point de petits sacs à leurs tentacules, et ne contiennent jamais d'œufs. Les tentacules des méduses mâles renferment des animalcules spermatiques (4).

La classe des entozoaires renferme des espèces sans sexes, d'autres hermaphrodites, et d'autres encore qui possèdent des sexes séparés. Les *Cœnurus* et *Echinococcus* paraissent ne se propager que par gemmation. Les cestoïdes sont hermaphrodites, et se fécondent tant par accouplement de l'individu avec lui-même, que par copulation de deux individus différents. Chez ces animaux, les organes et les orifices génitaux se répètent dans tous les anneaux parvenus à maturité, et les ovaires fécondés, tantôt sont expulsés des anneaux qui les contiennent, tantôt se détachent du corps avec ceux-ci. Les œufs ne sortent donc pas par l'ouverture à la faveur de laquelle ils ont été fécondés. Les ouvertures génitales sont, d'après Mehlis (5), très diversement distribuées dans les différents genres. Chez les bothriocéphales, on les trouve toutes deux, l'une derrière l'autre, sur le milieu du côté latéral ou du côté ventral des anneaux. Dans les tænias, elles sont logées au fond d'une dépression cupuliforme, sur le bord des anneaux. Dans les *Trianophorus*, l'ouverture mâle est au bord, et l'ouverture femelle au milieu des anneaux. Les trématodes sont presque tous hermaphrodites. Quelques uns d'entre eux ont été réputés dépourvus de sexes, peut-être à tort, car les phénomènes de leur génération portent à soupçonner qu'ils ont des sexes séparés. Tels sont les cercaires, qui s'engendrent dans des sacs ou sporocystes jouissant d'un mouvement individuel. On a appelé sporocystes certaines utricules qu'on trouve libres dans l'intérieur des gastéropodes, et qui, la plupart du temps, mais non toujours, jouissent du mouvement animal. Ces corps, auxquels Bojanus donnait le nom de vers jaunes, sont devenus célèbres par les recherches de Nitzsch, Bojanus, Baer, et Siebold (6). Ils sont évidemment organisés, et l'on a reconnu dans quelques uns un intestin ayant la forme de cæcum. Les sporocystes varient suivant les espèces de cercaires, qui les habitent. Les cercaires elles-mêmes s'y trouvent à des degrés divers de développement, entre la peau et l'intestin, et possèdent la faculté de se mouvoir.

(1) Wiegmann's *Archiv*, I, 5, 213.

(2) *Ann. des sc. nat.*, 1835, déc.

(3) Depuis, Edwards (*Ann. des sc. nat.*, 1840) a découvert des spermatozoïdes dans cette tribu de polypes. Beneden (*ibid.*) décrit des mâles et des femelles dans l'*Alcyonella*, et Erdl (Froriep's *Notizen*, 1840, p. 249) a observé qu'une partie du *Veretillum* est mâle et l'autre femelle. — *Voy.* aussi les observations de Wagner sur les sexes séparés des *Veretillum*, dans Froriep's *Notizen*, XII, 7.

(4) Siebold, dans Froriep's *Notizen*, 1801. — *Comp.* Siebold, dans Mueller's *Archiv*, 1837, p. 438.

(5) *Isis*, 1831, p. 69.

(6) Baer, dans *Nov. act. nat. cur.*, t. XIII, p. II. — Siebold, dans Burdach, *Physiologie*, trad. par A.-J.-L. Jourdan, t. III, p. 85.

Après qu'elles en sont sorties, elles se débarrassent de leur queue et prennent une forme chrysalidaire, sans qu'on sache ce qu'elles deviennent ensuite. Siebold ayant remarqué qu'on rencontre quelquefois, dans les sporocystes, des cercaires avec de jeunes sporocystes de la même espèce, il est permis de présumer que la forme de sporocyste et celle de cercaire appartiennent à la même espèce animale, que les sporocystes sont des individus qui fructifient, et les cercaires des individus mâles ou privés de sexes. On sait que la forme des femelles diffère parfois beaucoup de celle qui est propre à l'espèce, par exemple chez les lernées, et nous avons vu qu'il arrive quelquefois, chez les polypes, que des individus entiers se transforment en sporocystes. Mais les sporocystes ramifiées et fixées, décrites par Carus (1), dans lesquelles se trouvent contenus des distomes, sont complétement énigmatiques. Il est également impossible d'expliquer un fait observé par Siebold, celui que les embryons du *Monostomum mutabile* sont entièrement remplis d'un parasite ayant la forme des vers jaunes de Bojanus (2) : serait-ce là le résultat d'une métamorphose opérée pendant le cours de la vie embryonnaire?

Tous les nématoïdes, ascarides, strongles, oxyures, spiroptères, trichocéphales, filaires, etc., ont des sexes distincts. Il en est de même des acanthocéphales.

Parmi les vers autres que les entozoaires, les uns ont des sexes séparés, comme les *Gordius*, qui, à cet égard, se rattachent aux nématoïdes. Les planaires et autres animaux voisins sont, au contraire, hermaphrodites, ainsi que tous les annélides.

Parmi les mollusques, les céphalopodes ont tous des sexes distincts. Parmi les gastéropodes et les acéphales, il y a des hermaphrodites et des espèces à sexes séparés; la plupart des limaçons sont dans le premier cas; le second est celui des pectinibranches, tels que *Tritonium*, *Murex*, *Paludina* et autres (3).

Leeuwenhoek avait déjà constaté, chez les bivalves, l'existence de sexes distincts, c'est à-dire d'individus portant les uns des œufs, et les autres des animalcules spermatiques. Cette découverte, oubliée pendant longtemps, a été parfaitement constatée par Siebold (4). L'ovaire et les testicules ont une grande ressemblance extérieure l'un avec l'autre; ils sont situés sur les côtés du pied, quand celui-ci existe. Avec le secours du microscope, on reconnaît que certains individus contiennent seulement des œufs, munis de leurs parties essentielles, la vésicule et la tache germinatives, et d'autres seulement des animalcules spermatiques (5). Tel est le cas des *Anodonta*, *Unio*, *Mytilus*, *Tichogonia*, *Tellina*, *Cardium*, *Mya*, d'après les observations de Siebold, et aussi des pholades, d'après les miennes. Cependant il y a également des bivalves à sexes réunis, car R. Wagner a trouvé, dans les *Cyclas*, que tous les individus contenaient à la fois des œufs et des animalcules spermatiques (6).

(1) *Nov. act. nat. cur.*, t. XVII, p. I.

(2) Wiegmann's *Archiv*, I, 45.

(3) Wagner a constaté des sexes distincts chez les *Patella* et les *Chiton* (Froriep's *Notizen*, XII, 7). Edwards et Peters (*l'Institut*, 1840, n° 334) ont fait la même remarque dans les genres *Corinaire* et *Firole*.

(4) Burdach, *Traité de physiologie*. Paris, 1838, t. III, p. 32.

(5) Mueller's *Archiv*, 1837, p. 381.

(6) Edwards (*l'Institut*, 1840, p. 336) admet l'hermaphrodisme des *Pecten*. Krohn (Froriep's *Notizen*, n° 356, 1842) dit la *Clavagella* hermaphrodite. La *Pholas crispata* a des sexes distincts, d'après Kœlliker.

Les insectes, les arachnides, les crustacés et tous les vertébrés ont toujours des sexes séparés. On n'a admis des hermaphrodites, ou des espèces uniquement femelles, que par suite d'illusions grossières produites par la ressemblance générale des organes sexuels, comme chez divers poissons, ou par la rareté proportionnelle des mâles, comme chez les pucerons.

Les individus à sexes séparés sont ou mâles, ou femelles, ou neutres. Ces derniers, pour s'exprimer plus exactement, sont des femelles stériles, ou du moins dont le développement a été arrêté. On trouve des neutres dans quelques genres de la classe des insectes, tels que *Bombus*, *Apis*, *Formica*. Chez les abeilles, ils sont connus sous le nom d'ouvrières, et possèdent des ovaires incomplets. Chez les fourmis, ils manquent d'ailes, et leur instinct les porte à soigner et à nourrir les larves : chez les bourdons, ils sont aptes à la fécondation, ou du moins, suivant Huber, quelques uns de ceux qui éclosent au printemps s'accouplent en juin avec les mâles de la même génération, et ne produisent que des mâles, destinés à féconder les femelles proprement dites, les femelles parfaites, dont la progéniture est la base d'une nouvelle colonie. Chez les abeilles, les ouvrières sont plus petites que les vraies femelles, mais elles leur ressemblent à beaucoup d'égards; elles sont stériles, mais elles peuvent devenir fécondes lorsqu'étant encore à l'état de larve, et dans les premiers jours qui suivent leur naissance, elles reçoivent une nourriture particulière, celle qui est destinée à la reine : viennent-elles alors à être placées dans une cellule plus grande, elles acquièrent toutes les qualités d'une reine: mais, si, malgré le changement de nourriture, elles restent dans leurs anciennes cellules, elles ne produisent que des mâles, et diffèrent aussi des femelles parfaites par leur petitesse. Les ouvrières sont donc des femelles dont les ovaires ne sont pas développés, à cause de la nourriture qu'elles ont reçue dans l'état de larve. Une ruche contient quinze à vingt mille ouvrières, six à huit cent mâles et une seule femelle (1).

On rencontre aussi, chez les animaux supérieurs et chez l'homme, mais par suite de causes pathologiques, des arrêts de développement du sexe masculin et du sexe féminin, sans mélange des caractères propres aux deux sexes, et sans véritable confusion des sexes. Ces cas doivent donc être distingués de ceux dans lesquels il y a mélange des caractères particuliers aux sexes, ou hermaphrodisme pathologique. Un sujet atteint d'hypospadias, qui possède des testicules, et plus encore un eunuque, sont des mâles incomplets.

Les individus des deux sexes, dans chaque espèce animale, sont généralement distingués par des particularités de forme, souvent de couleur, et parfois de taille. Tantôt la femelle est plus grosse que le mâle, et quelquefois même énorme par rapport à lui, comme chez les lernées, où le mâle passe sa vie entière fixé à l'orifice des organes génitaux de sa femelle. Tantôt, au contraire, c'est le mâle qui se fait remarquer par sa taille, sa force et sa beauté. Les différences les plus importantes entre les deux sexes sont relatives aux instincts, dont la diversité a plus de constance que celle des formes. La femelle est chargée du soin de la progéniture, et, pour qu'elle puisse atteindre ce but, des espèces de songes instinctifs se produisent

(1) Cuvier, *Règne animal*, t. V, p. 364. — *Cons.*, sur l'ovaire des abeilles ouvrières, Ratzeburg, dans *Act. nat. cur.*, XVI, p. II.

lans son *sensorium*. Dès qu'elle a pondu et vu son œuf, la femelle d'oiseau éprouve le l'attachement pour lui, et ne le quitte que très peu. Il en est de même des sen-iments maternels que les femelles des mammifères éprouvent après avoir mis bas. .eur fruit fait partie de leur propre moi : elles le protégent et le défendent. Pres-ue toujours le soin des petits appartient uniquement ou principalement à la emelle, et c'est une exception rare que celle du crapaud accoucheur, dont le mâle orte les chapelets d'œufs entortillés autour de ses pattes de derrière.

Dans notre espèce, l'homme, qui a de plus fortes proportions, une charpente lus solide, des contours plus heurtés, des organes respiratoires et vocaux lus amples, est moins sensible aux impressions du dehors; à tout égard, il a lus d'énergie, au physique comme au moral; moins sujet que la femme à céder u plaisir et à la peine, il montre plus d'ardeur dans ses désirs, plus de persévé-ance dans ses efforts, plus de courage, d'égoïsme et d'ambition; il a plus d'apti-ude pour les travaux intellectuels, et son esprit est plus productif; il réfléchit lavantage avant d'agir, et se montre plus conséquent, plus réservé dans ses com-unications, plus opiniâtre, plus confiant en lui-même, plus droit, plus magna-ime. Les affaires publiques sont le champ dans lequel il aime à déployer son ctivité et ses forces.

La femme, d'une complexion plus délicate, est plus faible, tant au physique u'au moral, plus irritable, plus sensible, plus timide, plus souple, plus super-titieuse, plus vaniteuse, plus accessible aux sentiments de plaisir et de peine, mais lus maîtresse de ses désirs : avec un tact exquis pour les convenances, elle est leine d'imagination, et, si elle n'a pas le génie de l'homme, ni la clarté de son ntelligence, elle le surpasse au point de vue du pouvoir créateur physique : eu disposée à l'amitié envers les personnes du même sexe qu'elle, elle n'en porte ue plus d'amour à l'homme et aux enfants, qui peuvent absorber entièrement ses acultés morales. Elle a plus de retenue, de modestie, de patience, de bienveillance, le dévouement, de douceur, de compassion, de piété. La maison et la famille sont e théâtre de son activité.

Nous avons déjà vu en quoi la substance reproductive, tant masculine que fémi-ine, le sperme et l'œuf, se distingue du bourgeon. Comme ce dernier, le sperme t l'œuf renferment la puissance de reproduire une forme semblable à celle des ndividus producteurs, savoir, le premier les particularités individuelles du père, t le second celles de la mère; mais il y a, dans l'un et dans l'autre, une cause l'empêchement qui manque dans le bourgeon; ils ne deviennent complets qu'en ubissant l'influence l'un de l'autre, et c'est de leur réunion que provient ce qui ossède l'aptitude à reproduire l'organisation propre de l'espèce. Chez les animaux ermaphrodites, les deux substances, chacune isolément incomplète, se forment en même temps : chez les animaux à sexes séparés, chacune ne s'engendre que dans 'un des deux sexes, et ceux-ci, bien qu'ils possèdent toutes les qualités de l'espèce, ont cependant si imparfaits, quant au développement, qu'il y a pour eux nécessité le se chercher afin de se compléter pour ainsi dire l'un par l'autre. Ce fait est eprésenté dans le Banquet de Platon par la fable des deux moitiés séparées de 'homme.

CHAPITRE II.

Des organes sexuels.

L'appareil génital, dans les deux sexes, est composé d'un organe formateur, le testicule ou l'ovaire, et d'un organe excréteur, l'oviducte ou le canal déférent. Quand l'organe efférent femelle reçoit l'œuf venant de l'ovaire, il l'entoure presque toujours d'une sécrétion à lui propre, qui est destinée tantôt seulement à servir de nourriture, tantôt aussi à former une enveloppe plus ou moins solide. Chez beaucoup d'animaux, il a encore pour usage de fournir un réceptacle à l'œuf qui se développe, et la portion à laquelle cet office est dévolu porte le nom de matrice. Les poissons et reptiles vivipares, les mammifères et l'homme ont en ce sens une matrice. Chez les mâles, l'organe conducteur du sperme est, dans beaucoup de cas, accompagné d'organes sécrétoires, dont le produit se mêle à la liqueur séminale venant de l'organe plastique. Enfin, chez les animaux qui s'accouplent, et dans l'intérieur du corps desquels s'accomplit la fécondation, des organes de copulation sont annexés à l'extrémité du conduit excréteur. Mais l'organe formateur et l'organe excréteur sont les parties les plus essentielles de l'appareil génital, celles qu'on rencontre partout.

Dans chaque sexe, les organes génitaux présentent, eu égard à leurs relations mutuelles, deux formes différentes, qu'on ne peut réduire l'une à l'autre. Tantôt l'organe excréteur est un véritable conduit excréteur continu aux cavités intérieures de l'organe formateur, avec les parois duquel les siennes ne font qu'un. Tantôt, au contraire, l'organe formateur est tout à fait séparé de l'organe excréteur, de sorte que le sperme ou l'œuf s'en échappe pour tomber dans la cavité abdominale, d'où il sort ensuite par un canal spécial. Dans ce dernier cas, l'organe efférent est conduit excréteur, non pas immédiatement de l'organe formateur, mais de la cavité abdominale, soit que le produit pénètre d'abord dans cette excavation et passe de là dans le canal, soit qu'il tombe tout de suite dans l'extrémité du conduit, cette extrémité ayant son ouverture voisine de l'appareil formateur.

Le premier type, celui d'un conduit excréteur faisant suite immédiatement à l'organe formateur, est celui que l'appareil génital mâle offre chez tous les animaux sans vertèbres et chez le plus grand nombre des vertébrés, tels que l'homme, les mammifères, les oiseaux, les reptiles et la plupart des poissons. On le voit moins fréquemment chez les femelles : à la vérité, chez elles, il appartient à la plupart des invertébrés, mais il est fort rare chez les vertébrés, et on ne le rencontre que chez le plus grand nombre des poissons osseux, où les œufs se forment dans les parois d'un sac qui se continue sans interruption avec l'oviducte, de sorte que les œufs ne tombent pas dans la cavité abdominale.

Le second type, celui dans lequel le conduit excréteur s'ouvre dans la cavité abdominale et ne communique point avec l'organe formateur, est rare dans le sexe masculin. Aucun animal sans vertèbres n'en fournit d'exemple, et, dans le grand embranchement des vertébrés, on ne le trouve que chez quelques poissons, savoir, les anguilles et les cyclostomes, tant lamproies et ammocœtes, que myxi-

oïdes. Presque tous les cas connus de cette particularité remarquable ont été écouverts par Rathke. Les testicules des lamproies sont des organes celluleux ttachés à la colonne vertébrale : au mois de mai, on trouve l'abdomen des mâles lein de sperme liquide, que la compression fait couler sous forme de jet par une apille voisine de l'anus. Le canal qui sert à conduire cette sécrétion est extrêmeent court, et n'a pas de prolongement libre dans la cavité abdominale. La semence st évacuée absolument de la même manière chez les myxinoïdes et les anguilles (1).

Il est très rare, chez les invertébrés, de voir l'ovaire séparé de l'oviducte, et n'en connaît d'exemples que chez les *Sœpia*, où le fait a été observé par Krohn (2), et chez les échinorhynques, où Siebold a vu un oviducte infundibuliforme s'ouvrir dans la cavité du corps, et avaler en quelque sorte les œufs tombés ans cette cavité, afin de les amener au dehors. Ce type prédomine, au contraire, hez les animaux vertébrés, à l'exception de la plupart des poissons osseux, chez esquels il n'existe pas. On le voit commencer par une simple ouverture de la avité abdominale chez les cyclostomes, les anguilles, les cobites, les saumons. ans la lamproie femelle, le ventre est rempli, au mois de mai, d'œufs qui échappent à plein jet par cet orifice lorsqu'on comprime les parois du corps. hez l'esturgeon commun, les œufs peuvent sortir par les ouvertures de la cavité bdominale, ou par un entonnoir qui, chez les deux sexes, conduit de cette cavité ans l'uretère. Le grand esturgeon et plusieurs autres espèces du genre n'ont que entonnoir, sans ouvertures à l'abdomen. Chez les squales et les raies, les reptiles, s oiseaux et les mammifères, le court conduit excréteur des cyclostomes est remlacé par un long tube, l'oviducte. L'extrémité de ce tube, qui s'ouvre dans la avité abdominale, est voisine de l'ovaire chez la femme et les femelles de mammifères et d'oiseaux : les phoques, les loutres et les belettes ont même leur ovaire ntouré d'une dilatation capsuliforme de l'extrémité de l'oviducte, comme l'ont it voir Albers, E.-H. Weber et Treviranus (3). Quelquefois cependant, par xemple, chez les squales, les deux oviductes, qui s'unissent ensemble au-dessus u foie, n'ont qu'un entonnoir commun, tandis que les ovaires sont situés en ehors ou au-dessous du foie : chez les autres, les oviductes demeurent distincts : ais, dans les reptiles nus, ils s'avancent jusqu'à la partie la plus antérieure de la avité abdominale, bien au delà de l'ovaire.

Certains animaux n'ont qu'un seul ovaire, ou même qu'un seul oviducte. 'ovaire est unique chez les myxinoïdes : un repli du péritoine le fixe au côté droit u mésentère. Les *Scyllium*, *Carcharias* et *Mustelus*, parmi les squales, n'ont u'un seul ovaire, placé sur la ligne médiane. Rathke n'a trouvé qu'un seul ovaire t un seul testicule chez plusieurs poissons osseux. Chez la plupart des oiseaux, à

(1) Rathke, *Beitræge zur Geschichte der Thierwelt*, t. II. — Mueller's *Archiv*, 1836, p. 476. es squales et raies mâles et femelles ont une double ouverture à la cavité abdominale, près e l'anus. C'est pourquoi je pensais autrefois que ces ouvertures servaient, chez les mâles, à évacuation de la semence, parce qu'il ne m'avait pas été plus possible qu'à Treviranus de écouvrir aucune connexion entre le testicule et l'épididyme, qui s'abouche au dehors. Cependant j'ai depuis constaté l'existence d'une communication immédiate entre les deux organes.

(2) Mueller's *Archiv*, 1839, p. 363.

(3) Tiedemann's *Zeitschrift*, t. I, p. 180.

l'exception des rapaces, il ne se développe que l'ovaire et l'oviducte gauches; mais ceux du côté droit existent, à l'état rudimentaire, chez le fœtus (1).

Quelques animaux nous présentent une anomalie inverse de la précédente, le nombre des ovaires étant accru chez eux. Les vers cestoïdes ne se propagent pas par des bourgeons, comme font plusieurs vers cystiques; les organes génitaux mâles et femelles se répètent dans chacun de leurs anneaux parvenus à maturité, de sorte qu'ils offrent un exemple remarquable de multiplication des parties génitales, sans que l'animal soit, à proprement parler, un composé de nombreux individus. Les vers cystiques qui produisent des bourgeons sont seuls des réunions de plusieurs individus sur un tronc commun. Chez certains tænias, les anneaux, lorsqu'ils sont arrivés à maturité parfaite, se détachent, avec les milliers d'œufs qu'ils renferment. Les comatules ou crinoïdes, parmi les étoiles de mer, fournissent un exemple analogue de multiplication des ovaires : ici, en effet, chaque pinnule des bras est pourvue d'un ovaire, de sorte qu'on en compte un millier et plus chez une seule comatule (2). Ce n'est là non plus qu'une multiplication des organes génitaux, sans association d'individus divers, et nous y voyons une disposition analogue à celle qui a lieu chez les végétaux.

Tantôt les oviductes s'ouvrent séparément dans le cloaque, comme chez les poissons et les reptiles; tantôt ils s'unissent auparavant en une portion moyenne. La matrice est ou simple, comme chez les singes, ou munie de deux cornes, ou double. On trouve une matrice complétement double chez les squales, les raies et plusieurs mammifères, tels que la plupart des rongeurs, l'ornithorhynque, etc. Chez les ruminants, les pachydermes, les solipèdes, les carnassiers, les cétacés, la matrice a une portion médiane impaire et un orifice simple; mais elle est bicorne; celle des marsupiaux présente une construction toute particulière; une portion médiane commune, qui se termine en cul-de-sac par le bas, sans communiquer avec le vagin, envoie deux cornes vers le haut, et en fournit aussi deux autres, dirigées vers le bas, qui s'ouvrent dans le vagin.

Des organes spéciaux de copulation sont nécessaires dans beaucoup de cas, lorsque la fécondation s'accomplit dans l'intérieur des organes génitaux femelles. Cependant leur présence n'est pas absolument indispensable, même en pareille circonstance, et, chez beaucoup d'animaux dont la fécondation s'opère à l'intérieur, il suffit que le cloaque du mâle ou les papilles des conduits déférents viennent s'appliquer sur le cloaque de la femelle, comme chez les reptiles nus vivipares et chez un grand nombre d'oiseaux.

Les mâles des poissons, de tous les reptiles nus, des passereaux et des rapaces, parmi les oiseaux, sont privés de verge. Cet organe existe, au contraire, chez les reptiles écailleux, plusieurs oiseaux et les mammifères. La verge, organe destiné à faire naître la sensation de la volupté chez les mâles et à diriger le sperme dans l'intérieur des organes génitaux femelles, n'est pas construite d'après le même type dans les diverses classes du règne animal. Il y a surtout deux types tout à fait différents, qu'on ne peut pas réduire l'un à l'autre, et qui se combinent même ensemble chez quelques animaux.

(1) *Voy.*, sur les oiseaux rapaces munis de deux ovaires et de deux oviductes, R. Wagner, dans *Abhandlungen der Baier. Akad.*, p. II, 1837.

(2) Mueller's *Archiv*, 1837, p. 97.

1° L'un de ces types est celui qu'on rencontre chez les crocodiles, les tortues, l'autruche didactyle et les mammifères. Ici la verge se compose ou de deux corps fibreux et solides, comme chez les tortues et les crocodiles, ou de deux corps caverneux, fibreux seulement à la surface, et susceptibles d'érection, comme chez les mammifères. Ces corps tiennent l'un à l'autre sur la ligne médiane, et s'attachent au côté ventral du pubis. A leur côté postérieur on remarque, chez les crocodiles, les tortues, l'autruche et les jeunes fœtus de mammifères, une gouttière revêtue de membrane muqueuse et de tissu caverneux, c'est-à-dire le corps caverneux de l'urètre, qui reste ouvert chez les crocodiles, les tortues et l'autruche, mais qui, chez les mammifères et l'homme, se clôt en un canal, dont le gland est la continuation. Beaucoup de singes, les chéiroptères, les rongeurs et les carnassiers, ont à la partie supérieure de la verge, notamment dans le gland, qui est souvent très long, un os servant de soutien au canal, et qu'on nomme os pénien.

Chez les échassiers, parmi les oiseaux, on trouve fréquemment un rudiment de verge, ayant la forme d'une lèvre ou d'une langue, avec une gouttière sur la face postérieure, celle qui regarde le cloaque. Dans l'autruche didactyle, outre les deux corps fibreux de la verge, il existe encore un troisième corps élastique, qui la reploie dans l'état de repos, et la force alors de se rétracter; comme ce corps est caverneux à l'intérieur, il peut aussi l'allonger.

Les crocodiles, les tortues et l'autruche d'Afrique n'ont d'autre corps caverneux que le corps caverneux fendu de l'urètre. Il existe trois corps caverneux chez les mammifères.

2° Le second type de la verge ne se trouve, à l'état de pureté, que chez les serpents et les lézards. La verge n'est pas placée au côté ventral du pubis, mais à son côté dorsal, ou à la queue. C'est une espèce de cæcum creux, dont les parois contiennent du tissu caverneux. L'ouverture regarde le pubis. Au côté interne du sac, on remarque une gouttière. Les ophidiens et les sauriens ont deux verges de ce genre; au moment de l'accouplement, elles se retournent comme un doigt de gant, de manière que la gouttière devient extérieure, et sert à amener le sperme du cloaque au dehors. Chez la vipère, les crotales et les pythons, chaque verge est même divisée en deux utricules, dans sa partie postérieure, la plus distante du pubis, d'où il suit qu'après s'être retournée, elle présente une bifurcation à son extrémité. Quand la verge des lézards et des ophidiens a été retournée, elle est ramenée à son état ordinaire par des muscles qui s'attachent au fond du cul-de-sac.

3° Les canards, les oies et les autruches tridactyles (*Rhea*, *Casuarius*, *Dromaius*) ont une combinaison des deux types précédents. On trouve, chez eux, une portion solide de verge, qui, fixée au côté ventral du pubis, se compose de corps fibreux, avec une gouttière, et une autre portion de cæcum, qui, susceptible de se retourner comme un doigt de gant, a la même structure que celle des serpents et des lézards. Mais cette dernière partie n'est point double : elle est renfermée dans la verge, contournée en manière d'anse intestinale, le long du cloaque. L'extrémité béante de ce cloaque s'ouvre à l'extrémité de la partie solide de la verge, et se renverse sur elle-même au moment de la copulation, de manière que le membre acquiert alors une longueur presque double de celle de sa partie fixe. Comme la

gouttière qui règne le long de la paroi interne du cul-de-sac devient extérieure quand l'organe se retourne, elle forme la continuation de celle qui existe à la partie solide de la verge. Après l'accouplement, la portion utriculiforme de la verge rentre par l'action d'un ligament élastique (1). Les femelles des canards, des oies et des autruches tridactyles possèdent un clitoris analogue, mais beaucoup plus petit, qui est construit d'après le même principe. Le clitoris des mammifères est établi sur le type de la verge de l'embryon mâle de mammifère, ou plutôt le type est le même pour l'un et l'autre organe. Le clitoris et le pénis, dont le corps caverneux de l'urètre est encore fendu, se ressemblent parfaitement dans le principe. Tous deux ont des muscles ischio-caverneux et constricteurs : après la [illegible] de l'ouverture fœtale des mâles, le constricteur devient muscle bulbo-caverneux. Chez les femelles, le clitoris se raccourcit, et les lèvres du sillon clitoridien deviennent les petites lèvres de la vulve. Tant que l'ouverture périnéale ne s'est point encore fermée chez les mâles, les plis du scrotum ressemblent aux grandes lèvres, et ce sont des plis vides, car les testicules se trouvent encore dans la cavité abdominale. Les testicules demeurent pendant toute la vie dans cette cavité chez plusieurs mammifères, les cétacés, l'ornithorhynque, l'éléphant, le daman; mais, chez la plupart, comme chez l'homme, ils s'engagent avant la fin de la vie embryonnaire, dans une poche saillante hors du bas-ventre, puis descendent peu à peu dans le scrotum; après quoi, la poche se sépare de la cavité abdominale proprement dite, par une constriction de plus en plus serrée. Chez plusieurs mammifères, tels que rat, hamster, et autres, la communication persiste pendant toute la vie, et les testicules peuvent, à des époques diverses, rentrer dans l'abdomen ou en sortir, par l'action des muscles.

Chez les loirs, le clitoris est percé par l'urètre, et l'entrée du vagin se trouve, comme à l'ordinaire, derrière lui.

CHAPITRE III.

De l'œuf non fécondé.

L'histoire de l'œuf non fécondé (2) a fait de si grands progrès, par les travaux de Purkinje, Baer, R. Wagner, Coste, Valentin et autres, qu'on peut aujourd'hui

(1) *Voy.* Muellер, dans *Abhandl. der Akad. zu Berlin*, 1836.

(2) Les plus importants ouvrages à consulter sur ce sujet sont : Purkinje, *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem.* Leipzick, 1830; et art. Œuf (*Ei*), dans *Wœrterbuch der medicinischen Wissenschaften.* — Baer, *De ovi mammalium et hominis genesi.* Leipzick, 1827. Trad. par Breschet, Paris, 1829. — G. Breschet, *Études anatomiques sur l'œuf*, dans *Mémoires de l'Académie royale de médecine.* Paris, 1833, t. II. — A. Velpeau, *Embryologie ou ovologie humaine.* Paris, 1833. — Coste, *Recherches sur la génération des mammifères.* Paris, 1834. — Bernhardt (et Valentin) *Symbolæ ad ovi mammalium historiam ante impregnationem.* Breslau, 1834. — Valentin, *Entwickelungsgeschichte.* Berlin, 1835. — R. Wagner, dans Mueller's *Archiv*, 1835, p. 373. *Prodromus historiæ generationis hominis atque mammalium.* Leipzick, 1835. *Abhandlungen der Baierischen Akademie*, 1837, p. II. *Icones physiologicæ.* Leipzik, 1839. — Krause, dans Muellер's *Archiv*, 1837, p. 20. — Carus, *ibid.*, 1837, p. 442. — Jones, dans *Lond. and Edinb. philos. Magazine*, série III, t. VII, 1835, p. 200. — Schwann, *Mikro-*

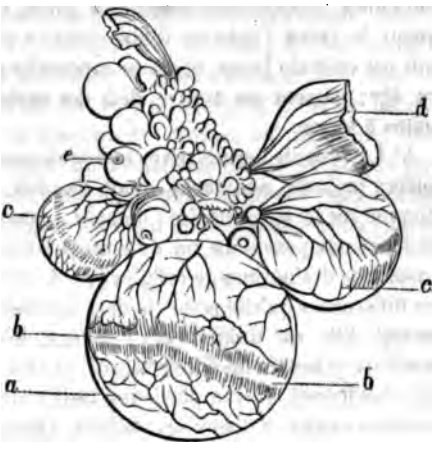
ramener la multitude des faits observés à un petit nombre de lois générales, et qu'ici, comme dans toutes ses parties les plus avancées, la science est arrivée à un haut degré de simplicité.

Chez un grand nombre d'animaux invertébrés, les œufs se produisent dans des tubes en cæcum, sans être isolés de toutes parties organisées. Chez d'autres, ainsi que chez tous les vertébrés, ils se forment dans l'intérieur des cellules de l'ovaire, cellules qu'entourent des vaisseaux sanguins, et qui sont unies ensemble par une substance fibreuse, d'un tissu plus ou moins ferme, à laquelle on donne le nom de *stroma*. Quand ils sont logés dans des excavations isolées de l'ovaire, on appelle *capsule* (*theca*) la cellule de cet organe produite par la condensation du stroma.

L'œuf ovarique des invertébrés, des poissons, des reptiles et des oiseaux, se compose des parties essentielles suivantes, qu'on peut distinguer en lui, quelle que soit sa petitesse.

1° La capsule de l'œuf (1), qui tantôt est isolé du stroma, comme chez beaucoup d'invertébrés, et peut même se détacher avec l'œuf, tantôt adhère intimement à la capsule formée par le stroma, comme chez les vertébrés ovipares, et constitue alors ce qu'on nomme un *calice*. Le calice est souvent plus mince du côté qui ne regarde pas l'ovaire, que du côté opposé, où, quand l'œuf a atteint sa maturité, il tient à l'ovaire par une espèce de pédicule. Chez les oiseaux, le côté mince du calice présente une strie circulaire blanche (*stigma*), qui diffère du reste de la paroi par l'absence des vaisseaux sanguins, et qui indique l'endroit où le calice doit s'ouvrir plus tard, pour laisser échapper l'œuf. Pour reconnaître la capsule de l'œuf dans

Fig. 199.



skopische Untersuchungen. Berlin, 1839. — Barry, dans *Phil. trans.*, 1838 et 1839; et dans *Edinb. Phil. Journ.*, 1839. — Bischoff, *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1843. — Coste, *Histoire générale et particulière des corps organiques*. Paris, 1847. — E. Serres, *Archives du Muséum d'histoire naturelle*. Paris, 1847, t. IV. — Pouchet, *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation dans l'espèce humaine et les mammifères*. Paris, 1847. — L. Agassiz, *Twelve lectures of comparative embryology*. Boston, 1849, in-8. — Baudrimont et Martin Saint-Ange, *Recherches anatomiques sur le développement du fœtus, et en particulier sur l'évolution embryonnaire des oiseaux et des batraciens*. Paris, 1850, in-4, avec 18 planches gravées et coloriées. — Parmi les anciennes figures d'œufs d'invertébrés, on doit louer celles de Poll, de Gœze, de Delle Chiaje et d'O.-F. Mueller; par rapport aux poissons, celles de Cavolini et de Sonnini (*Hist. nat. des poissons*, t. III, tab. 3, fig. 4).

(1) La figure 199 représente, d'après Wagner, l'ovaire d'une poule, avec des jaunes presque mûrs : *a* jaunes mûrs dans le calice, dont en *b b* on voit le stigmate sous la forme d'une strie transversale claire et sans vaisseaux; *c c* jaunes non mûrs, avec le réseau vasculaire du calice du stigmate; *d* calice vide, rompu à la hauteur du stigmate; *e* cicatricule.

les diverses classes du règne animal, il faut se rappeler que, chez les poissons, d'après les observations de Schwann, elle offre, à sa face interne, une couche de cellules épithéliales microscopiques, particularité qu'on retrouve aussi dans les capsules des œufs de mammifères, c'est-à-dire dans les vésicules de Graaf. Jones et Barry regardent avec raison les capsules des œufs des ovipares et les follicules de Graaf des mammifères comme des organes identiques.

2° En dedans de la capsule de l'œuf se trouve la sphère du jaune entourée par la membrane vitelline. Cette dernière est d'abord appliquée immédiatement à la capsule; mais il lui arrive souvent plus tard, chez certains animaux, d'en être séparée par un intervalle assez considérable. Schwann a reconnu que les granulations de la substance du jaune sont des cellules contenant de très petits granules et des gouttelettes d'huile.

3° La substance du jaune renferme une vésicule, à laquelle on donne le nom de *vésicule germinative* ou *de Purkinje*. Cette vésicule a des dimensions plus considérables, proportionnellement au jaune, dans les très petits œufs, où par conséquent le jaune l'enferme d'une manière plus étroite; mais son accroissement ne suit pas celui du jaune, et elle se rapproche de la surface à mesure que l'œuf avance en âge; souvent on trouve déjà des ovules, avec vésicule germinative, chez les fœtus à terme.

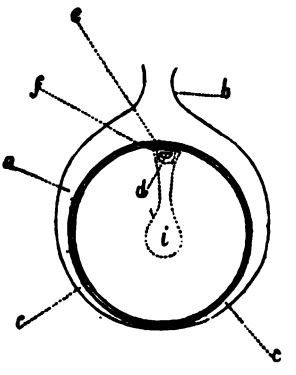
4° La vésicule germinative, non seulement contient un liquide transparent, mais encore présente une tache, dont on doit la découverte à R. Wagner, et qu'on nomme *tache germinative* (*macula germinativa*, *nucleus germinativus*). Cette tache se compose d'un ou de plusieurs corpuscules, de couleur obscure, qui sont l'analogue des noyaux de cellules (?). L'ouvrage classique de Wagner fait connaître les différences qu'elle présente dans les classes, ordres, familles et genres du règne animal. Elle est unique chez l'homme, les mammifères, les oiseaux, les reptiles écailleux et beaucoup d'invertébrés, et l'on peut la distinguer jusque dans les œufs les plus jeunes. Il y a plusieurs taches de forme ronde chez les reptiles nus, les poissons osseux et divers invertébrés. Quand les œufs sont plus mûrs, on aperçoit plusieurs granulations à la paroi interne de la vésicule germinative, et la tache ou les taches deviennent moins apparentes; quelquefois même elles disparaissent. Wagner a cru reconnaître que la tache germinative est entourée d'une enveloppe spéciale chez quelques animaux sans vertèbres.

Dans les œufs mûrs des vertébrés ovipares, la vésicule germinative est située près de la superficie, au-dessous de la membrane vitelline, nichée dans une couche grenue, que Baer a appelée *disque proligère*, qui passe au-dessous d'elle, mais au-dessus de la surface de laquelle elle fait saillie. Il y a aussi, au milieu de la masse du jaune, une cavité remplie d'une masse plus transparente, qui se prolonge, en manière de canal, jusqu'à la surface, vers l'endroit où est située la vésicule germinative (1). La masse contenue dans cette cavité et dans le canal se compose, d'après Schwann, de cellules qui diffèrent de celles du jaune parce qu'elles ont

(1) La figure 200 représente, d'après Wagner, la coupe verticale d'un jaune d'œuf de poule presque mûr, renfermé dans le calice et dans la capsule : *b* pédicule à l'aide duquel le calice repose sur l'ovaire; *a* substance plus épaisse du calice, confondue avec la capsule de l'œuf; *c* membrane vitelline; *d* vésicule germinative; *e* disque proligère; *i* cavité centrale du jaune, avec son conduit tourné vers le haut.

diamètre plus petit, et parce qu'elles renferment
noyau. La partie du jaune où se trouvent ce
ıal et la vésicule germinative, ou le disque proli-
e, est plus légère que le reste, et, dans l'œuf
ıdu, qui est enveloppé de blanc et d'une coquille,
ɛlque situation qu'on donne à l'œuf, le jaune
rne sur lui-même de manière que le germe soit
jours placé en haut.

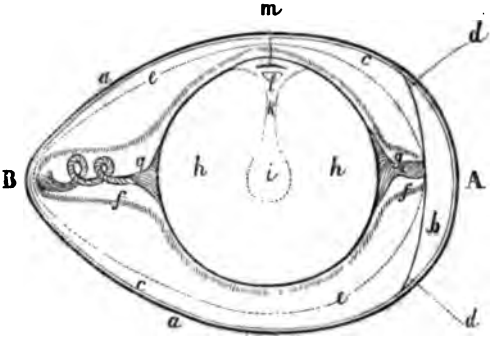
Fig. 200.



Dès avant la fécondation, à l'époque où l'œuf non
ondé abandonne l'ovaire, la vésicule germinative
paraît, ainsi que nous l'apprennent les recherches
Purkinje et de Baer. Baer ne l'a plus trouvée dans
œufs non fécondés de grenouille qu'il avait extraits
l'oviducte. Il paraît qu'elle se dissout, et que sa
ıstance se confond avec la masse grenue du disque proligère. Ce disque, dont le
mètre est d'environ une ligne dans l'œuf d'oiseau, se trouve à l'endroit de la
icule germinative, au-dessous de la surface de la membrane vitelline, dans les
fs qui quittent l'ovaire, qu'ils aient été ou non fécondés, et c'est de lui que
ıcède la formation de l'embryon. Au-dessous du disque, on remarque, dans
uf d'oiseau, un amas de matière grenue, qu'on nomme noyau du disque pro-
ɛre ou de la cicatricule. Cet amas est composé, d'après Schwann, des cellules
la cavité vitelline : les cellules qui forment le disque contiennent d'assez grosses
ınulations.

Les œufs des vertébrés ovi-
ɛs ne consistent, au moment
ils quittent l'ovaire, qu'en
jaune pourvu de sa mem-
ıne vitelline et des parties
ɛ celle-ci renferme.

Fig. 201.



Quand les œufs ont, en outre,
blanc et une coquille (1),
parties ne s'y adjoignent
ɛ quand ils ont quitté l'ovaire
ɔont parvenus dans la vessie.
euf, parvenu à maturité,
détache de l'ovaire, même
ɛs qu'il y ait eu féconda-
ɲ (2), comme chez les grenouilles et les oiseaux. Les œufs des grenouilles aban-

1) La figure 201 représente une coupe idéale de l'œuf de poule, d'après Baer : A pôle obtus ; ôle aigu ; *a* coquille ; *b* chambre à air ; *c* membrane testacée, qui, en *d d*, se divise en deux illets ; *e e* limites du blanc épais, ou second ; *f f* limites du blanc très épais, ou troisième, tient aux chalazes *g g* ; *h h* jaune ; *i* cavité centrale du jaune ; *k* canal allant de cette cavité cicatricule ; *l cumulus* proligère ; *m* germe.

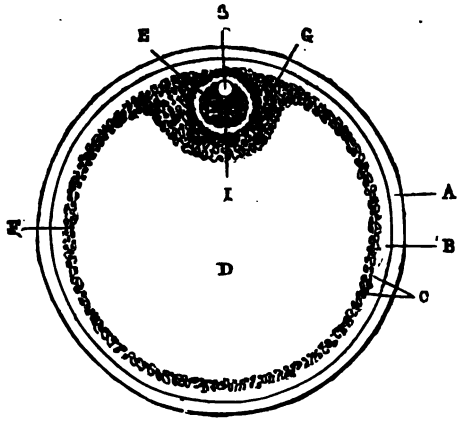
2) Dans une note que nous croyons devoir placer plus loin, nous dirons que, suivant une ion toute récente et qui commence à devenir générale, les œufs, chez tous les animaux, se ıchent de l'ovaire indépendamment de toute influence du mâle. Une fois pour toutes aussi,

donnent toujours l'ovaire longtemps avant la fécondation, passent dans l'oviducte, et ne sont fécondés par le mâle qu'après leur sortie du corps de la mère. Quand ils se sont détachés, le calice reste, mais il se resserre peu à peu, et finit par rentrer dans la masse de l'ovaire. Arrivés dans l'oviducte, les œufs, chez beaucoup d'ovipares, s'y couvrent d'une couche albumineuse sécrétée par les parois de ce canal. Dans les oiseaux, la couche interne du blanc, celle qui adhère au jaune, et qui est plus dense, forme deux faisceaux contournés, appelés *chalazes*, qui gagnent les deux bouts de l'œuf, et qui sont produits par la rotation de celui-ci dans l'oviducte. L'oviducte des raies et des squales renferme deux grosses glandes qui sont destinées à cette sécrétion.

La coquille des œufs d'oiseau se compose d'une membrane testacée et d'une couche de carbonate calcaire déposée sur elle. Cette membrane est elle-même formée de deux feuillets, que l'évaporation graduelle de l'eau fait écarter l'un de l'autre au gros bout de l'œuf, où ils laissent entre eux un espace plein d'air, dans les œufs qui ne sont pas parfaitement frais.

Les œufs des mammifères et de l'espèce humaine (1), qui reçoivent de la matrice la substance nutritive nécessaire au développement du fruit, diffèrent de ceux des ovipares en ce que l'ovule sort accompagné d'une masse vitelline fort peu considérable, de sorte qu'il est d'une petitesse extrême, et qu'à peine son diamètre atteint-il un dixième de ligne, dans l'état le plus parfait de maturité. Il offre aussi certaines particularités, eu égard à ses relations avec l'ovaire (2).

Fig. 202.



Les ovules de l'homme et des mammifères avaient échappé aux anciens observateurs, à cause de leur petitesse. Prevost et Dumas avaient été surpris de voir que les ovules trouvés dans les oviductes des animaux,

nous ferons remarquer que le livre de la génération a été écrit, par l'auteur, sous l'influence de la doctrine contraire, à l'égard de laquelle il n'avait point encore été émis de doutes. (*N. du trad.*)

(1) La figure 202 représente la vésicule de Graaf, renfermant l'ovule (vue à la loupe) : 1 membrane vitelline ; 2, vitellus ; 3, vésicule de Purkinje, avec la tache germinative ; A couche externe de la capsule ; B couche interne ; C membrane granuleuse ; D liquide de la vésicule ; E ovule : F corps granuleux ; G disque proligère.

(2) L'œuf contenu dans l'ovaire des mammifères ressemble parfaitement à celui des ovipares. Dans l'un comme dans l'autre, on trouve une vésicule germinative, avec sa tache, un jaune et une membrane vitelline. La seule différence consiste en ce que l'ovule n'est pas disposé de la même manière dans l'ovaire, et en ce que celui des mammifères est beaucoup plus petit, parce que les matériaux nécessaires au développement de l'embryon, que celui des ovipares renferme, n'arrivent à celui des mammifères que pendant le cours même du développement et par l'intermédiaire de la mère. Chez aucun animal, l'œuf ne possède d'albumen dans l'ovaire.

(*Note du trad.*)

u de temps après la fécondation, étaient beaucoup plus petits que les follicules Graaf, et deux fois même le véritable ovule s'était offert à eux dans l'intérieur s follicules; mais ils n'avaient donné aucune suite à cette observation. C'est à er qu'appartient réellement la découverte de l'ovule chez les mammifères et la nme.

Les ovules sont contenus dans les vésicules de Graaf, unies ensemble par un oma dense, et à la surface desquelles font peu de saillie (1), si ce n'est chez rnithorhynque, où, comme chez l'oiau, ils sont portés par un pédoncule. On stingue dans ces vésicules deux tunies, dont l'interne est couverte d'épithéum, comme la membrane de la capsule l'œuf des ovipares. L'ovule n'occupe ue la plus petite partie de l'espace de la capsule, dont le reste est rempli par un quide albumineux, contenant de petites granulations microscopiques. Dans les psules non à maturité, l'ovule est plus gros, proportion gardée, et il se rapproche ssi davantage du centre; au contraire, dans les capsules mûres, il est appliqué médiatement à la tunique interne, et comme niché au milieu d'une zone grenue. arry prétend que, dans les deux cas, il est retenu à la paroi du follicule par des actus granuleux particuliers, appelés par lui *rétinacles* (2). On se procure ovule, pour l'examiner, en piquant un follicule, jeune ou vieux, peu importe, et issant couler le liquide sur une plaque de verre : on étale la goutte, dans laquelle n le cherche ensuite, à l'aide de la loupe, et, quand on l'a découvert, on le porte ous le microscope composé. Comme il a une forme arrondie, on ne peut se disenser de l'aplatir doucement avec une petite plaque de verre, ou avec un compresseur.

Fig 203.

L'ovule est composé d'une membrane vitelline épaisse, qui, sous le microscope, pparaît comme un anneau clair, entouré en dehors et en dedans d'un rebord oncé. Cette enveloppe est appelée *zone transparente* (*zona pellucida*) par Valentin t Bernhardt, *chorion* par R. Wagner. Les observateurs ne s'accordent pas en ce ui concerne sa constitution. Krause dit que c'est une masse albumineuse, incluse lans une pellicule, tandis que Wagner et Bischoff la regardent comme une membrane simple, parce qu'elle se montre homogène sur la déchirure; Schwann conient de ce dernier fait, mais n'en penche pas moins, ainsi que Barry, pour l'opinion de Krause.

Au dedans de l'enveloppe transparente se trouve la substance vitelline de l'ovule, ui est composée de granules ou de petites cellules, avec des gouttelettes de graisse.

(1) La figure 203 représente, d'après Chailly (*Traité pratique de l'art des accouchements*, 2e édition, Paris, 1845), un ovaire à la surface duquel fait saillie une vésicule de Graaf, dont la distension est portée si loin, qu'on distingue très bien le point où doit avoir lieu la rupture pour donner issue à l'ovule.

(2) Bischoff (*Développement*, etc., p. 8) n'admet pas les *rétinacles* de Barry. Ce sont probablement les débris de la couche granuleuse qui tapisse la face interne de la vésicule de Graaf, et qui forme une zone plus dense autour de l'ovule. En manœuvrant avec précaution une aiguille dans une goutte d'eau, sur une petite plaque de verre, après quelque temps de macération, on parvient sans peine, dit Bischoff, à détacher toutes les cellules de la surface de l'ovule, qu'on voit alors apparaître seul, avec ses parties essentielles. (*N. du trad.*)

Ce contenu forme une sphère, entre laquelle et la zone transparente il ne reste ordinairement pas d'intervalle. Cependant on remarque parfois, dans les œufs les plus mûrs, un espace vide, qui s'agrandit par l'évaporation des parties aqueuses. La sphère vitelline semble donc être entourée encore d'une couche de granulations constituant une membrane particulière (1).

La vésicule germinative, généralement connue dans les œufs des ovipares, ne le fut qu'en 1834 dans celui de l'espèce humaine et des mammifères ; jusqu'à cette époque, on ignora si l'ovule de ces derniers ne devait pas être comparé à la vésicule germinative des ovipares.

Coste fut le premier qui découvrit la vésicule germinative dans l'œuf des mammifères (2). Aux recherches de Valentin et de Bernhardt sont dues les connaissances précises que nous possédons à son égard chez ces animaux et chez la femme. Son volume, proportionnellement à celui de l'ovule, est plus considérable dans les œufs très jeunes que dans ceux d'un âge plus avancé. Elle a environ un soixantième de ligne de diamètre. On peut l'apercevoir dans l'intérieur même de l'ovule, en aplatissant celui-ci avec précaution ; la pression le fait quelquefois éclater d'une manière assez heureuse pour que la vésicule sorte intacte. L'intérieur de la vésicule présente la tache germinative, qui repose sur la paroi interne, et qui a 1/300 à 1/200 de ligne de diamètre. Cette tache est trouble, tandis que le reste du contenu de la vésicule est clair. Le disque proligère manque, du moins sous la forme d'un disque. R. Wagner présume que le disque est remplacé ici par la couche cohérente des granulations qui entoure le jaune entier. Les recherches de Carus nous ont appris que les parties essentielles de l'œuf se trouvent déjà dans l'ovaire des embryons mûrs, chez les mammifères et chez la femme.

CHAPITRE IV.

Du sperme.

Si la science a fait de grands progrès dans ces derniers temps, pour ce qui concerne l'œuf, ou le germe fourni par la femelle, elle n'est pas non plus restée en arrière à l'égard du sperme (3), grâce aux efforts réunis de plusieurs observateurs, parmi lesquels on doit citer surtout R. Wagner et Siebold.

Le germe des femelles se forme déjà chez l'embryon ; la formation du liquide fécondant et de son contenu le plus essentiel ne commence généralement qu'à l'époque de la puberté.

(1) Bischoff (*loc. cit*, p. 13) nie que le jaune possède une membrane propre, indépendante de la zone transparente. Cette dernière est, suivant lui, la seule et unique enveloppe du jaune de l'œuf ovarique, de sorte que, si l'on voulait lui donner un nom déterminé, il faudrait l'appeler membrane vitelline, comme l'a fait Coste. (*Note du trad.*)

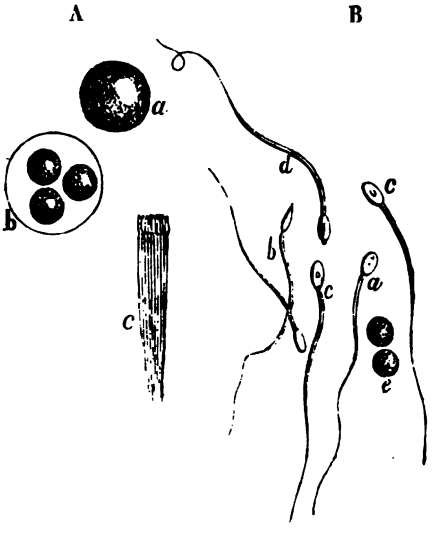
(2) Wharton Jones partage avec Coste l'honneur de cette découverte, puisqu'il l'a faite simultanément (*Lond. and Edinb. phil. Magaz.*, 1835, t. VII, p. 209). (*Note du trad.*)

(3) Leeuwenhoek, *Anatomia s. interiora rerum*, Leyde, 1687. *Arcana naturæ*, Delft, 1695. *Epistolæ physiologicæ*, Delft, 1679. — Gleichen, *Dissertation sur la génération, les animalcules spermatiques, et ceux d'infusions*, Paris, an VII, in-4°, fig. Nuremberg, 1778. — Prevost et Dumas, dans *Ann. des sc. nat.*, t. I, II. — Czermak, *Beitræge zur Lehre von den Spermatozoen*. Vienne, 1833. — Treviranus, dans *Zeitschrift fuer Physiologie*, V, 2. — Siebold, dans

Le sperme est une matière coulante, épaisse, blanche ou d'un blanc jaunâtre, d'une odeur pénétrante particulière, qui devient plus claire à l'air, que l'alcool coagule, et dont les propriétés chimiques sont moins importantes à connaître, pour la théorie de la génération, que ses qualités vitales. Il se compose de trois éléments différents, un liquide, des granulations, et, chez la plupart des animaux, les animalcules spermatiques (spermatozoaires, spermatozoïdes, zoospermes). Ces derniers se rencontrent tant dans le canal déférent que dans les vésicules séminales. On ignore quelle est la nature du liquide, parce qu'on ne peut l'obtenir à l'état d'isolement. Les granulations sont, d'après R. Wagner, des corps arrondis, granulés, ayant 1/300 à 1/400 de ligne de diamètre, qu'il faut bien distinguer des cellules qui se détachent de l'épithélium des voies spermatiques. Les animalcules, découverts par Ham, mais dont Leeuwenhoek a donné la première description, ne sont identiques ni dans les différentes classes, ni même dans les diverses familles, les divers genres, les diverses espèces. Les particularités les plus remarquables qu'ils présentent ont été étudiées par Wagner chez les animaux vertébrés, par Siebold chez les animaux sans vertèbres; j'en tracerai l'exposition d'après ces auteurs.

On peut, en général, distinguer quelques formes principales. Les uns ont un corps elliptique et un long filament caudal, comme chez l'homme et la plupart des mammifères. D'autres, qu'on trouve chez beaucoup de mammifères, ont un corps piriforme et un filament caudal. Dans un grand nombre d'oiseaux, de reptiles et de poissons, ils ont le corps cylindrique et une queue filiforme. Ceux des passereaux, des squales, des paludines, ont le corps en tire-bouchon et la queue en fil. On en voit, chez beaucoup de mollusques, d'insectes et de vers, qui ont le corps filiforme.

Fig. 204.



Les animalcules spermatiques de l'homme (1) ont, d'après Wagner, 1/50 à 1/40 de ligne de longueur, dont 1/800 à 1/600 de ligne appartient à leur corps ovale et aplati; la queue, d'abord un peu épaisse, finit en s'amincissant beaucoup (2). Leur forme est la

Mueller's *Archiv*, 1836, p. 232; 1837, p. 381. — R. Wagner, dans *Abhandl. der Baier. Akad.*, II, 1837, et dans Mueller's *Archiv*, 1836, p. 225. — Valentin, *Repertorium*, 1836, p. 277. — Dujardin, dans *Ann. des sc. nat.*, VIII, 291, 297. — Donné, *l'Institut*, 1837, p. 206. *Cours de microscopie*, Paris, 1844, p. 264. — Ehrenberg, *Die Infusionsthierchen*, p. 464. — Mandl, *Manuel d'anat. générale*. Paris, 1843, p. 495. *Anatomie microscopique*, t. I, 2e série, 5e livraison.

(1) La figure 204 représente, d'après Mandl, les spermatozoaires humains : A contenu du testicule : *a* grande vésicule; *b* une autre qui renferme trois petites vésicules; *c* faisceau de spermatozoaires. B Spermatozoaires du canal déférent : *a c c* spermatozoaires à plat; *b*, *d* spermatozoaires placés de champ; *e* granules spermatiques.

(2) D'après Donné (*Cours de microscopie*, p. 283), leur longueur totale est d'environ 1/20

même chez les mammifères, mais ils sont presque toujours plus gros, et cela précisément chez les animaux de petite taille, car Wagner leur assigne 1/12 de ligne chez les rats. Ceux des singes ont une grande analogie avec ceux de l'homme. Le corps est piriforme chez le chien, le lapin, le chevreuil. Dans la souris, ils affectent une forme particulière : le corps ressemble à l'extrémité d'un bistouri à tranchant convexe, et se termine en pointe par le haut et par le bas. Chez plusieurs rongeurs, par exemple les écureuils, les spermatozoaires ont les bords du corps retroussés. Wagner a observé deux types chez les oiseaux. Les spermatozoaires des passereaux ont l'extrémité antérieure du corps pointue et contournée en spirale. Le second type, auquel se rapportent ceux du coq, des rapaces, des grimpeurs et des palmipèdes, consiste en un corps grêle, droit, cylindrique, avec une queue courte. Chez les lézards, les serpents et les grenouilles, ils ont un corps sphérique et une queue mince ; mais, dans ceux de la salamandre terrestre, le corps, pointu en avant, se termine par un petit bout, et, chez les tritons, il est encore moins distinct de la queue. L'apparence de mouvement vibratile qu'on aperçoit à leur queue provient, suivant Siebold, des mouvements qu'exécute l'extrémité de cette dernière repliée sur la partie antérieure, qu'elle entoure. Les spermatozoaires des poissons osseux ont un corps sphérique, et ceux des cyclostomes un corps cylindrique.

La forme contournée en pas de vis est rare chez les animaux sans vertèbres. Siebold l'a observée chez les paludines. On rencontre rarement aussi des spermatozoaires qui aient l'extrémité antérieure du corps renflée ; elle l'est très sensiblement chez les moules, moins chez quelques gastéropodes. Chez la plupart des invertébrés, les spermatozoaires sont filiformes.

Les animalcules spermatiques des insectes, des limaçons, des distomes, ont cela de particulier, d'après les observations de Siebold, que, dès qu'ils sont mis en contact avec l'eau, ils se plient en zigzag, et se roulent sur eux-mêmes de manière à former une ou deux anses.

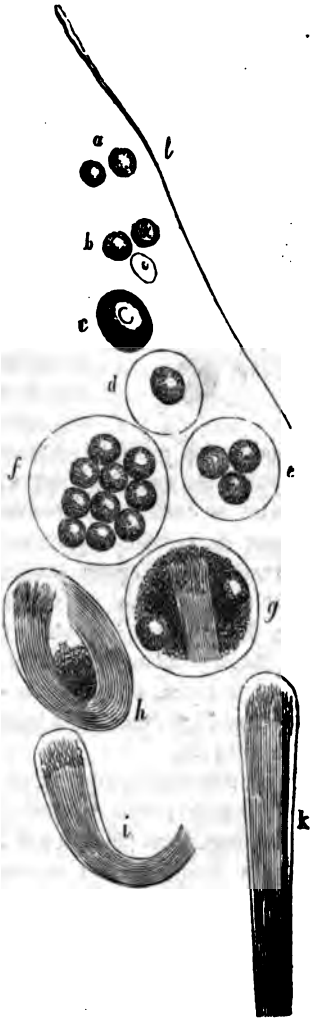
L'organisation des animalcules spermatiques n'est pas encore connue, et jusqu'à présent il est demeuré très douteux qu'on doive les considérer comme des animaux. Henle et Schwann ont observé, dans l'intérieur du corps de ceux de l'homme, un point distinct des autres, qui rappelle la ventouse des cercaires, mais qui se comporte, à l'égard du corps de l'animalcule, comme le noyau envers une cellule. Chez certains spermatozoaires, on observe quelquefois un petit tubercule dans le milieu ou vers la fin du filament caudal ; j'ai aperçu ce tubercule dans le *Petromyzon maximus ;* mais la plupart des animalcules en étaient dépourvus. Meyen a également vu quelque chose de semblable sur la longueur de la queue chez les spermatozoaires de plantes, par exemple de charagnes.

Les mouvements des animalcules spermatiques ressemblent aux mouvements

de millimètre ; la tête a 1/180 de millimètre dans son plus grand diamètre, et 1/280 de large. La queue peut avoir 1/1000 de millimètre d'épaisseur à sa base, près de la tête, et 1/10000 à son extrémité effilée. Suivant Mandl (*Anat. gén.*, p. 495), la tête, parfois tronquée antérieurement, a 0,005 millimètres de long, sur 0,002 de large au milieu, et à peu près moitié autant d'épaisseur que de largeur. La queue est longue de 0,065 millimètres ; mais sa longueur varie chez les divers individus. — *Comp.* Henle, *Anat. gén.*, trad. par A.-J.-L. Jourdan, t. II, p. 529. (*Note du trad.*)

volontaires des animaux. Ils consistent en des battements, des ondulations et des vibrations de la queue. Les spermatozoaires qui ont le corps contourné en hélice exécutent des mouvements de pas de vis. Il est nécessaire d'étendre le sperme avec du sérum de sang pour bien apercevoir ces mouvements. Ceux-ci persistent plusieurs heures après la mort de l'animal qui a fourni le sperme, et dont le genre de mort n'exerce aucune influence à cet égard. Wagner les a vus cesser plus tôt chez les oiseaux que chez aucun autre animal, par exemple quinze à vingt minutes après la mort, quelquefois plus tard; dans certains cas, ils ont persisté jusqu'à vingt-quatre heures chez les mammifères; leur durée était encore plus longue chez les reptiles et les poissons. Une température ou basse ou élevée les fait cesser : cependant Wagner a reconnu qu'ils persistaient encore chez les grenouilles et les poissons alors que la température tombait au-dessous de zéro. Suivant Donné (1), les spermatozoaires continuent de vivre dans le sang, le lait et le mucus : s'ils périssent dans la salive et l'urine, ce doit être par l'effet de causes accidentelles; car Lampferhof les a vus vivre longtemps dans la salive, et Wagner dans l'urine. Leur mort a lieu très promptement, d'après Donné, dans le mucus trop acide du vagin et dans le mucus trop alcalin de la matrice. Wagner a reconnu que la strychnine les tue sur-le-champ, tandis que, d'après les observations de Purkinje et de Valentin, les narcotiques n'apportent aucun changement aux mouvements vibratiles des membranes qui sont susceptibles d'en offrir.

Fig. 205.



R. Wagner (2) a découvert le mode de produc-

(1) *Cours de microscopie.* Paris, 1844, p. 275.

(2) La figure 205 représente, d'après Wagner, l'histoire du développement des spermatozoaires du *Certhia familiaris* : *l* spermatozoaire adulte, provenant de l'extrémité du canal déférent ; *a* granules du sperme, tels qu'on les trouve, en hiver, dans le testicule ; *d-k* différents corps qu'on rencontre en été dans le testicule, quand il est en pleine turgescence ; *b* et *c* granulations qui sont peut-être, en partie, des cellules épithéliales changées ; *d e f* vésicules contenant un ou plusieurs globules grenus ; *g* vésicule analogue, contenant, outre les deux globules, une masse de granules très fins, dans laquelle on voit se former les spermatozoaires ; *h* la vésicule est devenue ovale ; le faisceau de spermatozoaires se trouve courbé dans son intérieur ; elle contient encore un peu de masse grenue ; *i* vésicule encore plus développée ; un involucre piriforme entoure le faisceau, qui est encore courbé ; *k* vésicule parfaite, encore entourée de son involucre.

tion des spermatozoaires (1). Le contenu du testicule des passereaux ne lui a offert que de petites granulations pendant l'hiver; mais, au printemps, ces granulations affectaient des formes diverses, et au milieu d'elles on apercevait des paquets d'animalcules spermatiques. Ceux-ci se forment dans des cellules particulières, à parois fort minces (2). Les extrémités antérieures, contournées en spirale, sont réunies ensemble, et les queues le sont également. Wagner a reconnu que les spermatozoaires n'exercent point encore de mouvements vitaux dans les testicules; mais ils sont libres et séparés les uns des autres dans le canal déférent. Le sperme des testicules renferme, outre de petits globules grenus et ponctués, des vésicules plus grosses, contenant des globules grenus et d'autres corps arrondis, plus volumineux, dans l'intérieur desquels sont logés plusieurs noyaux grenus. Les vésicules ont des rapports intimes avec la formation des animalcules: car, entre les corpuscules grenus qu'elles renferment, il se produit des précipités finement granulés; à la manifestation desquels on voit disparaître les globules à noyau, et se former des groupements linéaires, dans lesquels on ne tarde pas à reconnaître des faisceaux de spermatozoaires. Ceux-ci naissent de la même manière chez les grenouilles et les mammifères, d'après les observations de Wagner. Dans la classe des oiseaux, leur développement recommence chaque année, et cesse après la saison des amours. Dans celle des mammifères, il commence durant la jeunesse; Wagner l'a vu débuter dès le troisième mois après la naissance chez le lapin; il n'a lieu que beaucoup plus tard chez le chat et le chien, et à l'époque seulement de la puberté dans l'espèce humaine; il cesse dans l'âge avancé. Ces importantes observations ont été confirmées par Siebold et Valentin (3).

Fig. 206.

Il est très remarquable qu'on n'ait point encore pu jusqu'à présent apercevoir de spermatozoaires chez certains animaux, à la vérité en très petit nombre, quoique ces animaux aient déjà été vus à l'époque de leurs amours. Telles sont les espèces du genre *Astacus* parmi les crustacés : chez l'écrevisse, les spermatozoaires sont remplacés par des corps particuliers, immobiles, que Henle et Siebold (4) ont observés, et qui représentent des espèces de capsules dont la surface offre une petite éminence en forme de bondon, et de longs filaments sétacés. Valentin a observé des corps analogues chez les bourdons.

Dans l'état actuel de nos connaissances, on ne saurait décider si les spermato-

(1) Mueller's *Archiv*, 1836, p. 225. *Icones physiologicæ*, pl. I. — *Comp.* Henle, *loc. cit.*, t. II, p. 359. — E. Hallmann, sur le développement des spermatozoaires des raies, dans Mueller's *Archiv*, 1840, p. 467.

(2) La figure 206 est empruntée au mémoire de Kolliker, intitulé *Die Bildung der Samenfaden*. Elle représente le développement des spermatozoïdes du lapin : *a* cellule mère avec cinq cellules ou noyaux ; *b* cellule mère avec dix cellules, chacune desquelles contient un filament spermatique ; *c* cellule libre ou noyau avec un nucléole et des granules, à un grossissement plus fort ; *d* cellule où l'on voit un filament spermatique, les granules ayant disparu.

(3) Siebold, dans Mueller's *Archiv*, 1839, p. 436. — Valentin, *Repertorium*, 1837. p. 143.

(4) Henle, dans Mueller's *Archiv*, 1835, p. 603. — Siebold, *ibid.*, 1836, p. 26.

oaires sont des parasites ou des molécules primaires de l'animal chez lequel on les encontre (1). Ehrenberg est disposé à les regarder comme des animaux, et il les approche des cercaires, qui sont de véritables entozoaires. Treviranus, partisan e l'autre opinion, les compare aux corpuscules polliniques. La première hypothèse emble avoir pour elle jusqu'à un certain point l'absence des spermatozoaires dans sperme de quelques animaux, et la présence d'animaux complétement organisés ans les réservoirs de la semence des seiches (2). Mais on peut lui opposer le défaut 'organisation animale individuelle chez les animalcules spermatiques, leur exis- nce presque générale, leur réapparition sous une forme à peu près semblable ans les organes génitaux mâles de quelques plantes, leur production qui a lieu, omme chez ces derniers, dans l'intérieur de cellules, et qui par conséquent ne rocède pas d'autres spermatozoaires, enfin, le parallèle qu'on peut établir entre ux et les cellules, notamment les cellules vibratiles. En effet, les cellules vibratiles ur ressemblent en ceci qu'elles continuent de se mouvoir après avoir été olées les unes des autres; de plus, on peut en quelque sorte comparer leurs ils aux filets caudaux des spermatozoaires, et leur noyau à celui de ces derniers. e qu'il y a de moins comparable, c'est le mouvement des animalcules sper- natiques, qui diffère beaucoup de celui des cils, et qui a une analogie complète vec les mouvements volontaires.

Le plus fort de tous les arguments pour refuser une nature animale particulière t individuelle aux spermatozoaires se tire de l'intime connexion qui existe entre ur présence et l'aptitude du sperme à la fécondation. Non seulement il y a des nimaux, surtout dans la classe des oiseaux, chez lesquels on ne les rencontre u'à l'époque des amours, mais encore ils ne se développent pas chez les bâtards, ui, pour la plupart, sont impropres à la génération, et auxquels il arrive rarement e produire, avec les espèces constantes, des formes qui reviennent bientôt à celle e l'espèce fondamentale. Hebenstreit, Ch. Bonnet et Gleichen n'en avaient pas rouvé chez les mulets. Prevost et Dumas n'ont point été plus heureux (3). Suivant Wagner, le sperme des bâtards d'oiseaux en est dépourvu, ou du moins ceux qu'il ffre sont développés d'une manière incomplète, et cette imperfection précisément st un fait de la plus haute importance. Chez les hybrides qui résultent de l'union u moineau avec le serin, les testicules restent très petits, ou atteignent au plus la oitié du volume qu'ils ont dans les deux espèces types. On y trouve sans doute

(1) Sur la question, assez importante au point de vue de la physiologie générale, de savoir si on doit ou non regarder les spermatozoaires comme des animaux, *consultez* Kœlliker, *Beiræge zur Kenntniss der Geschlechtswerhæltnisse und der Samenfluessigkeit wirbelloser Thiere, ebst einem Versuche ueber das Wesen und die Bedeutung der sogenannten Samenthiere.* Bern, 1841. — J.-C.-A. Kræmer, *Observationes microscopicæ et experimenta de motu spermatozoorum.* Gœttingue, 1842. — Si l'on voit en eux des animaux, ils seraient un exemple d'animaux se reproduisant, sans germe fourni par une mère, à l'époque de la puberté d'autres animaux. Si ce ne sont que de simples molécules organiques, ils représenteraient des portions de issus animaux qui, arrivés au maximum de leur développement, jouiraient d'un mobilité ropre et inhérente, ce dont nous avons vu ailleurs qu'il pourrait bien y avoir d'autres exemples ncore. (*Note du trad.*)

(2) *Voy.* sur ces êtres Carus, dans *Nov. act. nat. cur.*, XIX, p. I; et Philippi, dans Muellr's *Archiv*, 1839, p. 301. pl. XV.

(3) *Ann. des sc. nat.*, 1824, t. I, p. 183.

quelques vésicules pleines de molécules obscures, et aussi des filaments munis d'extrémités renflées; mais ces filaments ne sont jamais réunis en faisceaux réguliers, ils sont peu nombreux et disséminés sans aucun ordre entre les molécules. Ces formes incomplètes d'animalcules spermatiques demeurent plus petites que celles des espèces types, et leur extrémité renflée est irrégulière, tantôt conique, tantôt allongée, ou recourbée au bout, et jamais elle ne présente la spirale caractéristique. Wagner a trouvé, chez les hybrides femelles, de nombreux jaunes pourvus de vésicules germinatives; mais jamais il n'en a vu aucun arriver à maturité (1).

La présence d'animalcules spermatiques dans les organes propagateurs mâles est un phénomène beaucoup plus rare chez les végétaux que chez les animaux. Comme les mouvements qu'on a décrits dans le contenu des grains polliniques des végétaux supérieurs sont difficiles à distinguer des mouvements moléculaires de Brown, il ne peut être question ici que des spermatozoaires des cryptogames.

Schmiedel et F. Nees d'Esenbeck avaient déjà observé quelques phénomènes qui s'y rapportent. Mais les premières recherches précises sur ces corpuscules ont été faites sur les sphagnes par Unger et Meyen. Le contenu des anthères de ces mousses se compose de cellules, dont chacune renferme un filament roulé en spirale et muni d'un petit renflement ellipsoïde. Les filaments se meuvent dans les cellules, se dégagent de celles-ci, et continuent leurs mouvements après en être sortis. Meyen a décrit ceux qu'on trouve dans les genres *Hypnum*, *Mnium*, *Phascum*, *Polytrichum* et *Sphagnum* (2).

Les spermatozoaires se comportent de même, d'après les observations de Meyen, dans les cellules des anthères des hépatiques, par exemple, des *Marchantia* et des *Jungermannia*.

Ceux des charagnes sont des filaments articulés, qu'on trouve dans les anthères.

(1) R. Wagner, *Physiologie*, p. 25, 26. — Dans la classe des mammifères, les mules sont généralement stériles, ce qui paraît ne pas tenir uniquement à l'absence des spermatozoaires dans le sperme des mulets, puisqu'elles ne produisent pas alors même qu'on les accouple avec de vigoureux étalons. Cependant, Brugnone (*Mém. de l'Acad. de Turin*, 1790) avait déjà observé des corps jaunes bien caractérisés chez des mules, et cette observation a été répétée dernièrement par Gerber. D'un autre côté, deux mules n'ont offert à Raciborski (*De la puberté*, p. 384) que de très petits ovaires, sans nulle trace de follicules de Graaf, ni d'anciennes émissions d'œuf; mais il ne s'était pas enquis de l'âge de ces animaux. L'importante question des hybrides, surtout dans le règne animal, a été beaucoup trop négligée, jusqu'ici, par les physiologistes et les anatomistes. L'acquisition des faits eux-mêmes a presque toujours été abandonnée au hasard, et rarement elle a été le sujet d'expérimentations directes, ni moins encore suivies. On doit distinguer les métis des mulets : ceux-ci sont les produits inféconds de deux espèces distinctes, tandis que les métis sont les produits féconds de deux races d'une même espèce. Le loup et le chien, l'âne et le cheval, le lion et le tigre, le bouc et la brebis, le bélier et la chèvre, le chien et le chacal, etc., donnent ensemble des mulets. Suivant Flourens (*De l'instinct des animaux*, p. 120), tous les individus d'une même espèce peuvent s'unir, et leur union est d'une fécondité *continue*, tandis que toutes les espèces d'un même genre peuvent s'unir aussi; mais leur union n'est que d'une fécondité *bornée*. Ainsi, le mulet de l'âne et du cheval est infécond dès la première ou la seconde génération; celui du chien et du loup l'est dès la seconde ou la troisième, etc., au lieu que la fécondité de chaque espèce, prise en soi, est éternelle. Il faudrait maintenant rechercher les causes anatomiques de cette différence, dont les conditions se rencontreraient certainement dans les ovaires surtout des femelles. (*Note du trad.*)

(2) *Comp.* Unger, *Nov. act. nat. cur.*, XVIII, p. II, p. 785.

auxquelles ils adhèrent. Ils sont composés de cellules disposées à la suite les unes les autres. Varley, le premier, a donné une description complète de leur configuration et de leurs mouvements (1). Dans chaque article du filet pollinique se développe une cellule mucilagineuse sphérique, et dans chaque cellule un spermatozoaire. Les spermatozoaires sont d'abord des masses informes; les cellules plus mûres en contiennent qui sont déjà contournés en spirale, mais qui restent tranquilles; dans les cellules plus avancées encore, ils exécutent des mouvements rotatoires assez vifs. En les examinant au microscope, on peut voir comment la paroi des articles du filet pollinique se perce, et comment l'animalcule sort, la partie la plus épaisse de son corps tournée en avant. Les spermatozoaires sont extrêmement longs, et chacun d'eux ne parvient à trouver place dans sa cellule qu'en se roulant sur lui-même. Lorsqu'ils se meuvent dans l'eau, après être sortis de la cellule, c'est l'extrémité filiforme qui se porte en avant. Leur forme rappelle celle des trichocéphales; ils sont plus gros à l'une de leurs extrémités, et s'amincissent peu à peu en un filament très long; la partie renflée est contournée en spirale; le filament exécute des mouvements violents. La vie de ces corpuscules hors des cellules dure plusieurs heures.

CHAPITRE V.

De la puberté, de l'accouplement et de la fécondation.

Puberté.

Le développement de la puberté, l'âge auquel commence l'aptitude à procréer, n'a pas lieu exactement à la même époque dans les deux sexes, et de grandes différences s'observent à cet égard suivant les peuples et les climats. Dans nos pays, la puberté commence, chez les femmes, entre l'âge de treize ans et celui de quinze; elle s'annonce par l'apparition du flux menstruel. Chez l'homme, elle se développe entre la quatorzième et la seizième année, les testicules sécrétant alors du sperme, qui peut être chassé de ses réservoirs, et produire ainsi des pollutions. La puberté se déclare plus tôt dans les pays chauds. On assure que les femmes deviennent nubiles dès l'âge de huit ans dans les contrées brûlantes de l'Afrique, et à celui de neuf ans en Perse. Les jeunes filles juives sont aussi, à ce qu'on prétend, réglées avant les autres dans nos climats (2). L'aptitude à reproduire l'espèce s'éteint,

(1) Meyen, *Neues system der Pflanzenphysiologie*, p. 218, pl. XII, fig. 17-28.

(2) On ne saurait nier, sans doute, l'influence de la chaleur sur la manifestation de la puberté, puisqu'elle en exerce une si grande sur tous les phénomènes de la vie; mais cette influence paraît avoir été fort exagérée. Ainsi, tandis qu'à Rio-Janeiro, Peixoto prétend que l'âge de dix ans peut être regardé comme l'âge commun de la première éruption des règles au Brésil, Robertson (*Edinb. med. and surg. Journ.*, t. XXXVIII) pense que les femmes des pays chauds ne sont pas réglées de meilleure heure que celles des zones tempérées et froides. Il assure (*Lond. med. Gaz.*, 1842, t. II, p. 677) que, chez les négresses, les menstrues apparaissent rarement avant la douzième année, parfois seulement à vingt ou vingt et un ans, mais ordinairement à quatorze, quinze ou seize. Il attribue (*Edinb. med. surg. Journ.*, 1843, n° 79) les mariages

chez les femmes, quand le flux menstruel cesse de couler, vers l'âge de quarante-cinq à cinquante ans (1); il est plus difficile d'en assigner le terme chez les hommes, où elle dure en général plus longtemps, et l'on rencontre assez fréquemment des vieillards qui se distinguent par un degré remarquable de puissance virile.

précoces des Orientaux, non pas à la précocité de leurs femmes, mais à leur degré peu avancé de civilisation et de moralité, cause qui fait que le même phénomène se reproduit sous des zones très diverses. Brierre de Boismont (*De la menstruation dans ses rapports physiologiques et pathologiques*, Paris, 1842) donne un tableau qui indique l'âge auquel la première apparition des règles eut lieu chez 2,372 femmes. Nous reproduisons ce tableau, en y annexant d'autres indications fournies par Raciborski (*De la puberté et de l'âge critique chez les femmes*, Paris, [illegible]), qui portent le total des femmes à 3,259.

Âge.	[illegible] Paris. Brierre.	342. Lyon. [illegible]	68. Marseille. Marc d'Espine.	430. Manchester. Roberton.	137. Gœttingue. Ostander.	200. Paris. Raciborski.	487. Paris. Raciborski.	100. Norwége. Faye.	100. Varsovie. Lebrun.
6	1	»	»	»	»	»	»	»	»
7	1	»	»	»	»	»	»	»	»
8	2	»	»	»	»	»	»	»	»
9	11	»	»	»	»	»	1	»	»
10	29	5	»	»	»	»	7	»	»
11	96	11	6	10	»	4	18	»	»
12	129	26	10	19	3	10	34	4	»
13	138	47	13	65	8	20	40	4	»
14	312	50	9	85	21	29	55	13	1
15	304	76	16	97	32	38	77	14	15
16	148	79	8	76	24	41	81	20	27
17	133	58	4	57	11	20	72	13	35
18	95	38	2	26	18	20	33	13	13
19	43	21	»	23	10	12	26	6	6
20	33	9	»	4	8	»	24	8	2
21	8	5	»	»	1	4	14	3	1
22	8	1	»	»	»	»	2	»	»
23	4	»	»	»	1	»	»	»	»
24	»	3	»	»	»	2	»	1	»
25	»	»	»	»	»	»	1	1	»

D'après ce tableau, l'âge de 14 et 15 ans serait celui où l'on compte le plus de premières menstruations à Paris; celui de 15 à Marseille, à Manchester, à Gœttingue, en Norwége; celui de 16 à Lyon et à Varsovie. En prenant les moyennes, on a pour Paris 14,504, à Lyon 14,492, à Marseille 14,015, à Toulon 14,081, à Manchester 15,191, à Gœttingue 16,038, en Norwége 15,450, à Varsovie 15,083. A Stockholm, d'après Wistrand, la moyenne serait de 15,590, et le plus grand nombre à quinze ans. En Laponie, selon Wretholm, les femmes ne seraient réglées qu'à dix-huit ans lorsqu'elles restent dans les montagnes; elles le seraient deux ou trois ans plus tôt quand elles se fixent à proximité des côtes ou en Suède. Tous ces renseignements ne sont pas dépourvus d'intérêt, assurément; mais ils portent sur de trop petits nombres, embrassent trop peu de pays et ne s'étendent pas assez sur les particularités de condition sociale, d'éducation, de fortune, de régime, d'habitation, de travaux, de mœurs, etc., pour qu'on puisse en déduire aucune loi générale. Une histoire complète de la menstruation, au point de vue physiologique, est encore tout entière à faire. (*Note du trad.*)

(1) Sur 181 femmes observées par Brierre de Boismont, 2 perdirent à 21 ans, 1 à 24, 1 à 26, 1 à [illegible], 1 à 28, 1 à 29, 3 à 31, 2 à 32, 4 à 34, 6 à 35, 7 à 36, 4 à 37, 7 à 38, 1 à 39, 18 à 40, 10 à 41, [illegible] à 42, 1 à 43, 13 à 44, 13 à 45, 9 à 46, 13 à 47, 8 à 48, 7 à 49, 12 à 50, 4 à 51, 8 à 52, [illegible] à 53, [illegible] à 54, 2 à 55, 2 à 56, 2 à 57, 1 à 60. D'après ce tableau, c'est de 40 à 50 ans que la cessation des règles est plus fréquente, et l'âge de 40 ans celui où le plus grand nombre de femmes ont perdu. Brierre pense qu'on ne peut admettre l'opinion de ceux qui croient que la majorité des femmes perdent à 45 ans, puisque, dans le tableau, le chiffre est le même pour plusieurs années de 40 à 50. Pétrequin, à Lyon, a trouvé, chez 60 femmes, que la cessation des

La manifestation de la puberté détermine des phénomènes locaux, ayant leur siége dans les organes générateurs, et des phénomènes généraux. Les premiers sont l'apparition des poils à la région pubienne dans les deux sexes, celle des menstrues et le développement des mamelles chez les filles, la formation abondante du sperme et l'érection chez les garçons. Les autres se rapportent principalement aux organes respiratoires, à ceux de la voix, à la forme entière du corps, à la physionomie, à la tournure de l'esprit et aux affections qui ont trait au sexe. Les organes de la respiration acquièrent plus de capacité, surtout chez les individus du sexe masculin; la voix subit, quant au volume et au timbre, les modifications que j'ai déjà fait connaître dans une autre occasion; la forme du corps entier se perfectionne, et les traits prennent le cachet de l'individualité, indiquant qu'ils servent à l'expression des passions, sans cependant être aussi fortement prononcés qu'ils le sont, dans l'âge adulte, chez beaucoup de personnes. Il se développe instinctivement et confusément des idées ayant trait au rapport des sexes, qui s'emparent de l'imagination, et qui, exerçant leur influence sur l'esprit tout entier, mettent en jeu les plus nobles facultés pour la glorification de l'amour.

La menstruation est un écoulement périodique de sang qui a lieu par les parties génitales de la femme, et qui vient de la paroi interne de la matrice. Ordinairement, elle est précédée et accompagnée la première fois de quelques accidents légers, tels que congestions abdominales, maux de reins et lassitudes dans les jambes. Chacun de ses retours est même signalé, chez la plupart des femmes, par des symptômes qui varient suivant les sujets (1). En général, elle se reproduit tous les mois (2), et sa durée est de trois à six jours. Cependant les périodes peuvent être

règles avait lieu de 35 à 50 ans chez 1/8, de 40 à 45 chez 1/4, de 45 à 50 chez 1/2, de 50 à 55 chez 1/8. Raciborski a noté, pour moyenne, l'âge de 46,03 ans chez 110 femmes de l'hospice de la Salpétrière. D'après des renseignements qui lui ont été fournis par Lebrun et Faye, le terme moyen de l'âge critique serait 47,05 ans à Varsovie, 48,07 ans aux environs de Christiania.

(*Note du trad.*)

(1) Sur 645 femmes observées par Brierre de Boismont, 357 avaient été surprises, sans prodromes, par l'apparition des règles : mais 228 avaient été averties par des accidents plus ou moins graves. Quant au temps qui s'est écoulé entre les premiers symptômes et la manifestation des menstrues, il a présenté de grandes variations; car, chez quelques unes, les accidents n'ont duré qu'un seul jour, tandis que, chez d'autres, ils se sont prolongés quatre ans et quatre ans et demi. Sur 654 femmes, étudiées par le même, 412 ont été réglées régulièrement dès la première apparition; 242 l'ont été d'une manière irrégulière dès les commencements; mais les règles ont fini par prendre un cours régulier chez 178, et chez 65 elles sont toujours restées irrégulières. Parmi ces 654 femmes, 360 ont eu des symptômes locaux, seuls ou unis à des symptômes généraux; 136 n'ont présenté que des symptômes généraux, et chez 158 il n'y a eu aucun signe précurseur, d'où Brierre de Boismont conclut que le nombre des femmes dont les règles sont accompagnées ou annoncées par des phénomènes locaux ou généraux est à celui des femmes qui sont réglées sans s'en apercevoir, comme 4 et une fraction est à 1.

(*Note du trad.*)

(2) Schweig (Roser et Wunderlich, *Medicinische Vierteljahrsschrift*, 1844, p. 1), d'après 500 observations faites sur 60 femmes, assigne 27,39 jours, pour valeur moyenne, à la période cataméniale. Les règles ont reparu 1 fois après 8 jours, 1 après 9, 1 après 10, 3 après 11, 1 après 12, 2 après 14, 4 après 15, 1 après 16, 1 après 17, 1 après 18, 7 après 19, 11 après 21, 9 après 22, 19 après 23, 29 après 24, 26 après 25, 56 après 26, 62 après 27, 73 après 28, 39 après 29, 28 après 30, 28 après 31, 14 après 32, 15 après 33, 16 après 34, 11 après 35, 3 après 36, 3 après 37, 5 après 38, 4 après 39, 2 après 40, 1 après 42,

ou plus longues, ou plus courtes (1), par exemple n'être que de trois semaines, et même moins. Aristote a émis une singulière proposition en disant que peu de femmes sont réglées chaque mois, et que la plupart d'entre elles le sont tous les trois mois seulement (2).

Le sang menstruel ne diffère de tout autre sang que parce qu'il contient peu ou même point de fibrine (3). Les globules n'y ont subi aucun changement.

La menstruation n'a pas lieu chez les femmes enceintes, non plus que, en général, chez celles qui allaitent : cependant il y a des cas rares dans lesquels elle persiste pendant la grossesse.

On ne l'observe pas en général chez les animaux. Rengger a remarqué parfois une espèce d'écoulement menstruel chez la femelle du *Cebus Azarræ ;* mais ce flux, très peu abondant, n'était point assujetti à une périodicité déterminée : il revenait à des intervalles tantôt de trois semaines, tantôt de six ou de dix. Ce signe de maturité ne se montrait que vers la fin de la seconde année (4). Geoffroy-Saint-Hilaire et F. Cuvier ont fait un grand nombre d'observations analogues sur les singes, et les ont consignées dans leur *Histoire des mammifères.* Ils ont vu l'écoulement sanguin, accompagné d'un gonflement des parties génitales, chez les cercopithèques, les macaques, les cynocéphales ; mais ils prétendent que ce phénomène coïncide avec l'état de chaleur dans lequel les femelles tombent chaque mois (5). D'autres animaux, tels que les chiennes, les cavales, etc., offrent parfois

4 après 14. C'est donc du 26e au 28e jour que correspondent la majorité de ces observations. D'après Brierre de Boismont, chez un grand nombre de femmes, la période menstruelle embrasse 30 jours ; les règles se montrent assez souvent d'une manière fort régulière, jour pour jour. Le plus ordinairement, elles anticipent de plusieurs jours sur l'époque suivante ; plus rarement elles retardent de plusieurs jours. (*Note du trad.*)

(1) Ayant noté la durée de la menstruation chez 562 femmes, Brierre de Boismont a trouvé qu'elle était de 1 jour chez 33, 2 chez 62, 3 chez 119, 4 chez 78, 5 chez 46, 6 chez 21, 7 chez 12, 8 chez 172, 9, 10 et 15 chez 17, d'où il suit que la durée ordinaire des règles est comprise entre 1 et 8 jours, et que les deux périodes qui renferment le plus de femmes menstruées sont celles de 8 et de 3 jours. (*Note du trad.*)

(2) *Hist. anim.*, 7, 2.

(3) C'est parce que le sang menstruel se coagule très rarement, dans les circonstances ordinaires, que Lavagna surtout l'a cru privé de fibrine ; mais la coagulation n'est pas un phénomène aussi rare qu'on l'a dit. Brierre de Boismont a trouvé plusieurs fois des caillots formés, non seulement dans le vagin, mais même dans la matrice. Nous-même, nous avons pu nous convaincre deux fois qu'il s'en produit réellement. Quant à l'absence de la fibrine, c'est un fait reconnu faux aujourd'hui ; cette substance a été constatée dans le sang menstruel par Denis et Bouchardat. Le sang menstruel paraît donc ne différer du sang ordinaire que par la présence d'une assez grande quantité de mucus provenant de la matrice, du col utérin et du vagin. Retzius attribue sa non-coagulabilité à la présence d'une certaine quantité d'acide phosphorique ou lactique libre. Or la sécrétion muqueuse utérine et vaginale est constamment acide chez une femme bien portante. D'autres ont fait dépendre cette propriété de la présence du mucus, lequel, d'après Donné, est alcalin quand il doit naissance à une inflammation. Les deux opinions sont donc, jusqu'à un certain point, conciliables, en ce sens qu'elles reposeraient sur des faits dont les circonstances n'ont pas été analysées avec assez de soin, ou même ont été tout à fait négligées. (*Note du trad.*)

(4) *Naturgeschichte der Sæugethiere von Paraguay.* Bâle, 1830, p. 49.

(5) Suivant Is. Geoffroy-Saint-Hilaire (Breschet, *Recherches sur la gestation des quadrumanes,* dans *Mémoires de l'Institut*, t. XIX, 1845, p. 401), les femelles des guenons, des macaques, des magots et des cynocéphales sont sujettes à un écoulement périodique, reparaissant

aussi quelque chose de semblable. Mais la menstruation, dans l'espèce humaine, est tout à fait différente, et n'a rien de commun avec ce qu'on appelle *rut* ou *chaleur* chez les animaux (1).

On ignore quelle est la cause de la menstruation et de ses retours périodiques. Les anciens la croyaient destinée à débarrasser le corps d'une matière nuisible, opinion évidemment insoutenable. Une autre hypothèse, dont les partisans pensent qu'elle a lieu, hors l'état de grossesse, uniquement pour détourner de la matrice le sang qui sert à nourrir le fœtus pendant la gestation, ne présente non plus rien de satisfaisant à l'esprit, car une hémorrhagie si peu considérable ne répondrait point à un pareil but. Le sentiment de ceux qui veulent que la menstruation soit destinée à préserver la femme des phénomènes du rut périodique semble plus vraisemblable. Mais l'opinion qui réunit le plus de probabilités en sa faveur est celle qui fait considérer le flux menstruel comme une régénération périodique, comme une espèce de mue des parties génitales, accompagnée sans doute de la formation d'un nouvel épithélium (2). La cause de sa périodicité ne tient point aux

avec assez de régularité de mois en mois. Les matières émises par la vulve sont du sang et des mucosités, tantôt sanguinolentes, tantôt blanches. L'écoulement continue pendant six à huit jours, quelquefois plus. Il coïncide toujours avec un gonflement plus ou moins manifeste de la vulve et des parties environnantes. Les femelles, qui reçoivent fréquemment les mâles en tout temps, deviennent alors très avides de leur approche; le rut est surtout fort ardent au commencement et à la fin de l'écoulement. Une fois pleines, les femelles sont moins recherchées, souvent même repoussées et maltraitées, par les mâles. — *Voy.* aussi, sur la menstruation des singes, Ehrenberg, *Abhandlungen der Akademie zu Berlin*, 1833, p. 351, 358. — D'après Numann, qui a fait des observations sur l'écoulement périodique chez quelques uns de nos animaux domestiques (*Tijdschrift voor naturlijke geschiedenis en physiologie*, 1838, t. III), cet écoulement reparaît à peu près toutes les trois semaines chez la vache, et la femelle du buffle y est sujette aussi. (*Note du trad.*)

(1) Nous verrons plus loin que la menstruation et le rut sont précisément le même phénomène, ou plutôt que tous deux se rattachent à la même cause. (*Note du trad.*)

(2) Il y a encore une opinion qui, pas plus que celles dont l'auteur parle, ne mérite de fixer sérieusement l'attention : c'est celle de Roussel (*Syst. phys. et moral de la femme*, Paris, 1813, p. 113), qui prétend que le flux cataménial n'est pas naturel, et qu'il se rattache à un besoin contracté dans l'état social. Depuis que les études embryologiques, après avoir eu longtemps pour unique objet le développement du produit de la génération, se sont tournées aussi vers les premiers moments de l'existence de ce produit, c'est-à-dire vers l'histoire de l'ovule, on est arrivé à se faire d'autres idées de la menstruation. On la conçoit aujourd'hui comme dépendant d'une excitation périodique des organes génitaux, de la tuméfaction d'une vésicule de Graaf, de la maturité et du détachement d'un œuf (Bischoff, *Ann. des sc. nat.*, 1843, t. XX, p. 99), comme la terminaison critique de la congestion qui accompagne le plus haut degré de développement des follicules de Graaf (Raciborski, *De la puberté chez la femme*, Paris, 1844, p. 446). C'est un point sur lequel nous reviendrons plus loin à l'occasion de la fécondation. Dès lors, il n'y avait plus possibilité de méconnaître les rapports de la menstruation chez la femme avec le rut, qui, chez quelques animaux aussi, s'accompagne d'un flux sanguin par les parties génitales. En effet, comme il n'y a plus de rut chez les femelles des mammifères qui ont subi la castration, de même la menstruation cesse chez la femme, non seulement après l'atrophie physiologique des ovaires, qui caractérise l'âge critique, mais encore après certains états morbides qui intéressent plus ou moins profondément les follicules de Graaf, et elle ne s'établit jamais chez les femmes qu'au rapport de Robert (*l'Expérience*, 1843) certains peuples de l'Asie centrale soumettent à la castration dans leur jeune âge. L'écoulement sanguin, quoique phénomène habituel de la menstruation, ne serait même pas tellement indispensable qu'il ne pût manquer sans que la fécondité en reçût aucune atteinte, et l'on connaît effectivement plusieurs exemples de femmes

phases de la lune, mais réside dans l'organisme lui-même, et elle est intérieure, comme celle de tous les autres phénomènes qui affectent un caractère périodique. En effet, on trouve des femmes réglées à tous les jours du mois ; et, dans les cas où la menstruation offre le plus de régularité, ses périodes ne sont pas celles des mois lunaires, mais celles des mois solaires. D'ailleurs, ces périodes varient à l'infini chez les femmes, en raison d'une foule de causes internes.

Chez les hommes, la tendance à la périodicité ne se manifeste que par la turgescence des parties génitales et l'accumulation de l'excitabilité et de la puissance dans la moelle épinière et les nerfs des organes génitaux, état qui se termine, d'une manière en quelque sorte critique, par la copulation ou par des pollutions. Les femmes sont peu ou point sujettes à cet excitement périodique ; mais on le trouve très prononcé dans les animaux. Chez une foule de ces derniers, par exemple chez la plupart des oiseaux et des reptiles, beaucoup de poissons et de mammifères, les rongeurs, les taupes, les chevaux, etc., le printemps est l'époque du rut ; ailleurs le rut tombe en été (chez plusieurs poissons, oiseaux, reptiles et mammifères), en automne (beaucoup de ruminants), ou même en hiver (chien, chat, et beaucoup de carnassiers) (1). La périodicité régulière du rut est bien moins prononcée chez les animaux réduits en domesticité que chez ceux qui vivent à l'état de liberté, et il y a des animaux, comme l'éléphant, qui ne s'accouplent point en captivité (2).

Les phénomènes qui se rattachent à la vie sexuelle dépendent, en grande partie, des organes destinés à former le produit de la génération, c'est-à-dire des ovaires et des testicules, et de l'influence que ces organes exercent sur tout l'ensemble de l'économie animale. Non seulement les animaux qui ont subi la castration dans leur jeune âge demeurent étrangers aux sensations et aux émotions dont l'exercice des facultés sexuelles devient la source, mais même les adultes qui subissent l'opération perdent la plus grande partie de leur excitabilité à cet égard. A. Cooper a connu pendant vingt-neuf ans un homme à qui l'on avait été obligé d'extirper les deux testicules. Pendant les douze premiers mois, cet homme eut des éjaculations dans l'acte vénérien, ou du moins les sensations qui accompagnent l'émission du sperme ; mais, plus tard, les érections devinrent rares, et, quand il se livrait au coït, il n'éprouvait plus la secousse nerveuse qui caractérise les jouissances de la volupté ; au bout de deux ans, les érections étaient fort rares et incomplètes, elles cessaient au moment même où il voulait s'unir à une femme. Dix ans après l'opération, il dit à Cooper avoir satisfait une fois ses désirs dans le cours de l'année qui venait de s'écouler. Vingt-huit ans après l'extirpation du second testicule, les érections étaient très rares depuis longtemps déjà, et toujours fort incomplètes ; une ou deux fois seulement, le sujet avait eu des rêves voluptueux, avec éjaculation (3).

sont devenues mères sans avoir jamais été réglées. Ce flux ne serait qu'une crise habituelle d'un état congestionnaire, ayant son siége principal dans le bassin, mais dont l'économie se ressent aussi tout entière, et cette crise pourrait manquer ou s'effectuer par des voies insolites, ce dont on possède également des exemples. (*Note du trad.*)

(1) Burdach, *Traité de physiologie*, t. II, p. 51.

(2) Ælien et Columelle assurent que, de leur temps, l'éléphant se reproduisait à Rome, où naquirent même la plupart de ceux qui parurent, sous Tibère, dans les jeux de Germanicus. On les a fait produire en domesticité dans l'Inde. (*Note du trad.*)

(3) A. Cooper, *On the structure and diseases of the testis*, p. 53, 54.

Copulation.

L'acte de la copulation comprend deux éléments, chez l'homme : l'érection et l'éjaculation.

L'érection dépend de la rétention du sang dans les corps caverneux, où, comme Krause l'a rendu très probable (1), elle a lieu par l'action des muscles ischio-caverneux, qui compriment les veines profondes venant de ces corps, tandis qu'à peine peuvent-ils exercer de l'influence sur la veine dorsale. La rétention du sang par l'action des muscles est plus difficile à concevoir chez le cheval, où les veines des corps caverneux ont tant de couloirs différents (2). On ignore quelle part les artères hélicines peuvent prendre au phénomène de l'érection; en tout cas, celle-ci ne saurait dépendre d'elles, puisqu'elles n'existent pas chez plusieurs animaux, l'éléphant par exemple, et qu'on n'en trouve déjà que des vestiges chez les chevaux, où les faisceaux d'apparence musculeuse, qui sont tendus entre les veines des corps caverneux, ont acquis un énorme développement, dont nous devons à Hunter la première indication. Au reste, l'aptitude à entrer en érection tient, en dernière analyse, à la moelle épinière, ce qui fait qu'elle se perd dans la phthisie dorsale.

Quant à l'éjaculation, c'est un mouvement réflexe, provenant des nerfs sensitifs de la verge. Elle se compose, à son tour, de deux éléments, la contraction soutenue de la couche des muscles organiques des vésicules séminales, et la contraction périodique répétée du bulbo-caverneux et des muscles du périnée en général. Une irritation ou lésion brusque de la moelle épinière provoque l'éjaculation, sans que l'érection ait nécessairement lieu alors; c'est un phénomène ordinaire dans la décapitation.

Les vésicules séminales renferment de la semence, car on y trouve des spermatozoaires dans des cadavres. Elles ne sont donc pas de simples organes sécrétoires, comme le voulait Hunter (3), qui, du reste, a prouvé, par une série de cas, que l'extirpation d'un testicule n'entraîne pas la diminution de volume de la vésicule séminale correspondante; et son opinion avait au moins cela d'exact, qu'il attribuait à ces poches la fonction de sécréter une humeur mucilagineuse. La semence éjaculée pendant le coït vient directement des vésicules séminales; en traversant l'urètre, elle se mêle avec le suc prostatique et avec la sécrétion des glandes de Cowper, dont on ne connaît pas la nature.

La copulation s'accompagne de sensations voluptueuses chez les deux sexes; mais la part qu'y prend chacun de ceux-ci est fort différente. Chez la femme, il n'y a ni consommation d'action nerveuse pour produire le phénomène de l'érection, ni violentes contractions rhythmiques au moment où l'excitation sexuelle atteint son plus haut degré, ni épanchement de semence; l'excrétion se réduit à une certaine quantité de mucus qui s'échappe des follicules du vagin et rend ce canal plus

(1) Mueller's *Archiv*, 1837. — *Comp.* Koelt, *Die mœnnlichen und weiblichen Wollustorgane untersucht und dargestellt.* Fribourg, 1844.

(2) Gunther, *Untersuchungen und Erfahrungen in Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneikunde.* Hanovre, 1837.

(3) *Œuvres complètes.* Paris, 1843, t. IV, p. 82.

glissant. L'homme se sent épuisé après l'acte vénérien ; la femme n'éprouve rien de semblable. De toutes ces circonstances il résulte que les actions de l'homme, pendant la copulation, atteignent une grande intensité en très peu de temps, et qu'elles diminuent avec non moins de rapidité, tandis qu'on n'en peut dire autant de la femme. Aussi cette dernière supporte-t-elle beaucoup mieux que l'homme la répétition du coït, et la phthisie dorsale, si commune chez ce dernier, est-elle fort rare chez elle.

Séparation des œufs, et leur admission dans les trompes.

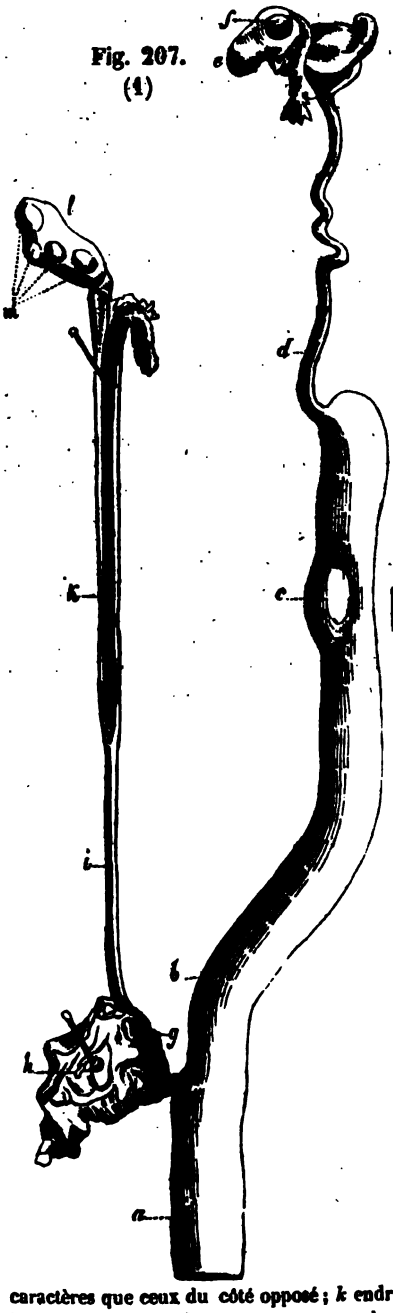
Les œufs des animaux ovipares se détachent de l'ovaire tantôt sans le concours de la fécondation, tantôt à la suite de cet acte (1).

(1) Chez aucun animal ovipare, il n'existe de liaison nécessaire entre la sortie des œufs de l'ovaire et leur fécondation. Là, comme chez les végétaux, si l'union de deux matières sécrétées par des individus ou des organes de sexes différents est nécessaire à la production d'un germe capable de se développer, ces deux matières n'en sont pas moins indépendantes l'une de l'autre, au point de vue de leur formation. Partout, chez ces animaux, la formation, la maturation et l'expulsion des œufs s'accomplissent, ordinairement à des époques déterminées, sans nulle participation du mâle, que la liqueur fécondante de celui-ci mûrisse aussi d'une manière périodique, ou qu'elle soit sécrétée sans interruption. Non seulement il n'y a pas coïncidence nécessaire entre la production de l'œuf et celle du sperme ; mais encore la rencontre de ces deux produits tient à des circonstances purement accessoires, tantôt extérieures et fortuites, tantôt intérieures et liées à certaines manifestations simultanées de la vie, en sorte que, quand ces conditions ne sont pas remplies ou qu'un accident les dérange, les deux éléments de la procréation ne se rencontrant pas, quoiqu'ils ne soient pas moins sécrétés, il ne peuvent produire de germe apte à se développer. En effet, dans une foule de cas, la fécondation ne s'accomplit qu'après que les œufs ont été expulsés, soit du corps de la mère, soit seulement de l'ovaire ; et, dans beaucoup d'autres, où la fécondation a lieu au sein de la femelle, il leur arrive très souvent de se détacher, sans union préalable entre les sexes, quoiqu'alors ils ne soient pas susceptibles de se développer ultérieurement. Une exception à cette loi fut admise pour les mammifères en général, pour l'homme en particulier. On supposa qu'ici le germe avait pour usage, non seulement de communiquer au produit sécrétoire de la femelle l'aptitude à devenir germe, la faculté de se développer, mais encore le pouvoir d'être cause de la formation même du germe. Tant que l'œuf contenu dans la vésicule de Graaf demeura inaperçu, en raison de sa petitesse, cette hypothèse fut généralement admise. On fut obligé de la modifier lorsque, en 1827, Baer eut découvert l'ovule dans l'ovaire des mammifères et de la femme, car, dès lors, il se trouvait établi que, dans toute la première classe du règne animal, l'œuf préexiste à la fécondation, comme chez les ovipares. A la vérité, cette importante découverte fit d'abord peu de sensation, parce qu'on était presque exclusivement livré à des recherches d'embryogénie ; mais il n'en fallut pas moins, eu égard à la théorie de la génération, cesser de croire que la fécondation est la cause de la formation du germe. On continua seulement de la regarder comme étant celle de sa maturation et surtout de sa chute. On ne s'occupa donc plus que de chercher quelle est l'époque à laquelle l'œuf se détache de l'ovaire après l'accouplement, et quel est le rôle que le sperme joue dans ce cas. Le fait, bien établi par Bischoff et Barry, et confirmé par Wagner, que la fécondation exige un contact matériel entre l'œuf et le sperme, et que ce dernier arrive incontestablement jusqu'aux ovaires, sur la surface desquels sa présence est annoncée par celle des spermatozoaires, sembla venir à l'appui de la nouvelle hypothèse. Cependant celle-ci, à son tour, eut trois ennemis à combattre : l'analogie, l'étude anatomique des ovaires et les expériences sur les animaux. Pouchet fut le premier (*Théorie positive de la fécondation des mammifères, basée sur l'observation de toute la série animale*, Paris, 1847, in-8, avec atlas ; — *comp.* MANDL, *Archiv. gén. de méd.*, 1845, mai) qui, en invoquant l'analogie, étendit aux mammifères la loi dont personne ne contestait l'exactitude en ce qui concerne les ovipares. Duvernoy (*Revue zoologique*, 1842) et Argenti

Chez les reptiles nus, dont les œufs sont fécondés hors du corps de la mère, ils quittent l'ovaire, et passent dans l'oviducte longtemps avant l'époque où ils doivent être soumis à l'influence vivifiante. De cette manière, chez les grenouilles femelles, ils s'amassent peu à peu dans le conduit excréteur, qu'ils distendent au point d'en accroître beaucoup le volume. La copulation est nécessaire pour solliciter l'oviducte à s'en débarrasser, et, à mesure qu'ils sortent, ils sont fécondés par le mâle, qui tient sa femelle embrassée.

(*Ann. univ. di medicina*, 1843) suivirent la même voie. C'était là, sans doute, avoir fait un grand pas; mais l'analogie n'établit jamais que des présomptions. Un commencement de preuve fut acquis lorsque, par des faits qui n'ont pas tous, à beaucoup près, la même valeur, et qui d'ailleurs ne faisaient que confirmer le témoignage de quelques anciens auteurs, de Cruickshank, entre autres (*Phil. Trans.*, 1797), Gendrin (*Traité de médecine pratique*, Paris, 1839, t. II, p. 28), Jones (*Practical observations on diseases of women*, Londres, 1839, p. 226), Lee (*Med. chir. Trans.*, 1839, t. XXII, p. 329), Négrier (*Rech. anat. et physiol. sur les ovaires de l'espèce humaine*, Paris, 1840), Montgomery (*On the signs of pregnancy*, p. 26), et Paterson (*Edinb. med. and surg. Journ.*, 1840), eurent montré, d'après l'ouverture des corps de femmes mortes au moment des règles, ou peu de jours après, que des corps jaunes, c'est-à-dire des cicatrices de l'ovaire, parfaitement semblables à celles qui suivent l'émission des ovules, se forment sur l'organe pendant ou un peu après le flux cataménial, sans nulle apparence de conception, sans rapprochement préalable des sexes. Mais ces faits laissaient encore place au doute. Des preuves plus concluantes étaient nécessaires pour établir que les œufs des mammifères mûrissent et tombent dans le cloaque, sans avoir besoin de l'intervention du coït. Il fallait, non pas seulement interdire l'accouplement, car les sceptiques auraient toujours pu arguer de quelque négligeance, mais en rendre l'effet impossible par des ligatures, et cependant faire voir que, malgré cet obstacle invincible, les œufs parvenus à maturité dans l'ovaire ou sortis de cet organe pendant le rut, équivalent de la menstruation, ne parviennent pas moins dans les trompes. Or cette preuve catégorique a été fournie d'abord par les expériences de Bischoff (*Développement de l'homme et des mammifères*, Paris, 1843, p. 37; — *Beweis der von der Begattung unabhœngigen periodischen Reifung und Loslœsung des Eies der Sœugethiere und des Menschen, als der ersten Bedingung ihrer Fortpflanzung*, Giessen, 1844 : *Ann. des sc. nat.*, 1843, t. XX, p. 93; 1844, t. I, p. 104), puis par celles de Raciborski (*De la puberté et de l'âge critique chez la femme, et de la ponte périodique chez la femme et les mammifères*. Paris, 1844). En effet, après la ligature et l'extirpation de la matrice, si la trompe et l'ovaire restent intacts, les phénomènes de l'ovulation s'accomplissent, comme dans le cas de non-opération, sauf, toutefois, le développement : les animaux entrent en chaleur ; ils s'accouplent ; les œufs mûrissent dans l'ovaire ; ils se détachent ; des corps jaunes se forment à leur place, et les œufs parviennent dans la trompe ; mais, comme ils ne peuvent être fécondés, la route étant interdite au sperme, ils ne se développent point. Cette séparation spontanée des œufs, lorsqu'ils ont atteint le terme de leur maturation parfaite, constitue le phénomène qu'on a désigné sous le nom de *ponte périodique*. Bischoff s'est donc trouvé conduit à formuler la loi suivante : Les œufs qui se forment dans les ovaires des individus femelles sont soumis à une maturation périodique, même chez les mammifères et chez l'homme; leur maturation est tout à fait indépendante du sperme. C'est à l'époque du rut, menstruation chez la femme, qu'ils se détachent de l'ovaire et sont expulsés. Alors se manifestent plus qu'à aucune autre époque les désirs vénériens. Quand l'accouplement a lieu, l'œuf est fécondé ; lorsqu'il n'a pas lieu, l'œuf ne s'en sépare pas moins de l'ovaire, et descend dans la trompe, même jusque dans la matrice, où il se détruit. Ce n'est qu'au temps de la maturation périodique des œufs que l'accouplement peut être suivi de fécondation. — Ainsi, la génération se trouve rapportée à une même loi chez tous les corps organisés pourvus de sexes distincts, et ce retour vers une simplicité si bien en harmonie avec la marche que la nature suit dans tous ses actes serait déjà, à lui seul, une forte présomption en faveur de la nouvelle théorie, qui n'a plus à élucider que quelques questions secondaires, dont le temps ne tardera sans doute à amener la solution. (*Note du t*

Fig. 207. (1)



Les œufs paraissent aussi, chez les poissons, se détacher de l'ovaire, indépendamment de la fécondation. En effet, la plupart de ces animaux ne s'accouplent pas. A l'époque du frai, les femelles abandonnent leurs œufs, et les mâles les fécondent en laissant échapper leur semence dans l'eau. Cependant il est quelques poissons, entre autres le *Blennius viviparus*, chez lesquels les œufs sont fécondés dans le corps de la mère, soit que le sperme éjaculé dans l'eau par le mâle pénètre dans les organes génitaux de cette dernière, soit qu'il y ait un véritable accouplement, comme chez les raies et les squales.

Les oiseaux qui commencent à pondre après l'accouplement et la fécondation, continuent de le faire alors même qu'on les tient séparés du mâle, de sorte que, chez eux aussi, la séparation des œufs se montre indépendante de la fécondation. Les insectes, en particulier les lépidoptères, pondent également, bien qu'après leurs métamorphoses on ait eu soin de les isoler des mâles.

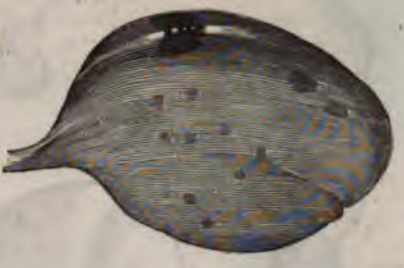
Chez les mammifères, au contraire, la séparation des œufs paraît être sous la dépendance de la fécondation (2). A la vérité, on dit avoir aperçu, sur les ovaires

(1) La figure 207 représente, d'après Bischoff (*Ann. des sc. nat.*), les parties génitales d'une lapine dont on a enlevé l'utérus droit. Après quelque temps, elle se laissa couvrir, et sept jours plus tard, on trouva les parties dans l'état figuré : *a* vulve, *b* utérus gauche, *c* endroit où se trouve un œuf, à la période qu'il atteint normalement le septième jour, *d* oviducte, *e* ovaire du même côté, *f* corps jaune provenant de la sortie de l'œuf précédent ; *g* masse amorphe, qui s'est formée à l'endroit où l'utérus droit avait été coupé ; *h* ligature dont on s'était servi pour le couper ; *i* oviducte droit ; *l* ovaire droit, présentant en *m* quatre corps jaunes ayant les mêmes caractères que ceux du côté opposé ; *k* endroit où se trouvent les quatre œufs sortis, présentant les traces évidentes d'un commencement de résorption.

(2) La note placée à la page 636 a été consacrée à montrer que cette hypothèse manque de fondement. Les œufs des mammifères subissent un commencement de développement dans la trompe, alors même qu'il n'y a pas fécondation. Dans les rapports naturels, comme dit Bischoff,

Fig. 208 (1).

Fig. 209.



de quelques femelles vierges, des cicatrices dues à la sortie d'ovules (2), mais ce n'est certainement point là le cours ordinaire des choses (3). Dans la règle, après

il est probable que les animaux satisfont presque toujours leurs désirs avant que les œufs soient sortis de l'ovaire, et alors le sperme a le temps d'arriver jusqu'à l'ovaire avant que leur séparation s'effectue ; mais, si l'accouplement est empêché, ou si l'occasion manque, les œufs n'en poursuivent pas moins leur marche, et ils peuvent encore être fécondés dans la trompe, du moins jusqu'à une certaine distance. Combien de temps conservent-ils cette aptitude? C'est ce qu'on n'a pu, jusqu'ici, déterminer par des observations directes. Il paraît seulement que quelques jours suffisent en général pour que les œufs arrivent de l'ovaire à la matrice. Nous parlerons plus loin d'une singulière exception que semblerait offrir le chevreuil. (*Note du trad.*)

(1) La figure 208, que nous donnons d'après Chailly, qui la devait à Raciborski, représente l'ovaire, longitudinalement ouvert, d'une femme qui, étant au moment de ses règles, voulut attenter à ses jours par l'asphyxie et put être rappelée à la vie, mais succomba peu de temps après à la suite d'une pneumonie. — La figure 209, prise au même endroit, représente l'ovaire d'une femme non mariée, de vingt-six ans, morte cinq semaines après les règles; la cicatrice est à peine visible.

(2) Home, *Phil. Trans.*, 1819. — Ces faits ne sont pas rares dans les auteurs, parmi lesquels une des premières places, à cet égard, appartient à Buffon. Brugnone, en disséquant le cadavre d'une jeune fille de quatorze ans, que la présence de l'hymen autorisait à regarder comme vierge, découvrit, faisant saillie à la surface d'un des ovaires, un corps jaunâtre de la grosseur d'un pois chiche. Raciborski cite deux faits de même genre (*loc. cit.*, p. 421 et 425), observés par lui chez deux filles, l'une de vingt-six ans, l'autre de dix-neuf, qui toutes deux offraient l'hymen parfaitement intact. Chez la première, l'un des ovaires présentait, outre quelques traces d'anciennes cicatrices, une vésicule de Graaf bien développée et une cicatrice entourée d'une auréole rouge. Chez la seconde, l'un des ovaires portait une large cicatrice entourée d'une auréole ardoisée, et l'autre renfermait, sous une tache rouge, une vaste poche pleine de matière granuleuse. A la vérité, tous les faits de présence des corps jaunes chez les vierges paraissaient peu concluants aux physiologistes, qui prétendaient que les excitations érotiques, de quelque nature qu'elles soient, même solitaires, suffisent pour amener la rupture des vésicules de Graaf et donner lieu à des cicatrices. Cependant, même en admettant leur hypothèse, il n'en demeure pas moins vrai que la fécondation n'est pas nécessaire pour produire ce double phénomène. (*Note du trad.*)

(3) Aujourd'hui, au contraire, on ne peut plus douter que ce ne soit la règle et la conséquence de l'excitation périodique dont la menstruation est l'un des phénomènes. Pour nous borner à quelques exemples, nous dirons que Bischoff (*Ann. des sc. nat.*, 1844, t. I, p. 141) a observé quatre jeunes femmes, mortes, trois par submersion, et une subitement, au moment où toutes présentaient les symptômes évidents de la menstruation. Chez trois d'entre elles, l'ovaire offrait une vésicule de Graaf éclatée et pleine de sang coagulée ; chez l'autre, il y avait une vésicule extrêmement grosse, d'environ 7 lignes de diamètre. Ecker a trouvé une vésicule éclatée et pleine de sang coagulé chez une femme de vingt-cinq ans, décapitée, qui avait eu ses règles douze jours avant l'exécution. (*Note du trad.*)

Fig. 210.

(1)

un coït fécond, on observe la turgescence d'une ou plu-

(1) La figure 210 représente, d'après Bischoff (*loc. cit.*), les parties génitales d'une lapine, à laquelle on avait enlevé les deux utérus, ce qui ne l'empêche pas de rentrer en chaleur : *a* vulve, *b* vessie, *c* extrémités fermées des deux utérus, *d* oviducte gauche, *e* ovaires, *f* corps jaune, *g* oviducte droit, soudé par son extrémité fermée avec l'ovaire, et fortement gonflé par un liquide, *k* rectum, *i* tumeur pleine de pus épais.

(2) La figure 211 représente, d'après Bischoff (*loc. cit.*), les parties génitales d'une petite chienne à laquelle on avait lié la corne gauche de la matrice. Au bout de plusieurs mois, elle entra en chaleur, se laissa couvrir, et, neuf jours plus tard, ses parties génitales offraient l'aspect suivant : *a* vulve et corps de la matrice, *b* corne droite intacte, *c* trois œufs à leur état normal du neuvième jour, *d* oviducte droit, *e* ovaire du même côté, *f* ses trois corps jaunes, *g* endroit où l'on a lié la corne de la matrice, *h* portion supérieure de l'utérus gauche, distendue par un amas de pus, *i* oviducte gauche, *k* ovaire gauche, *l* ses quatre corps jaunes, analogues en tous points à ceux du côté droit.

Fig. 211.
(2)

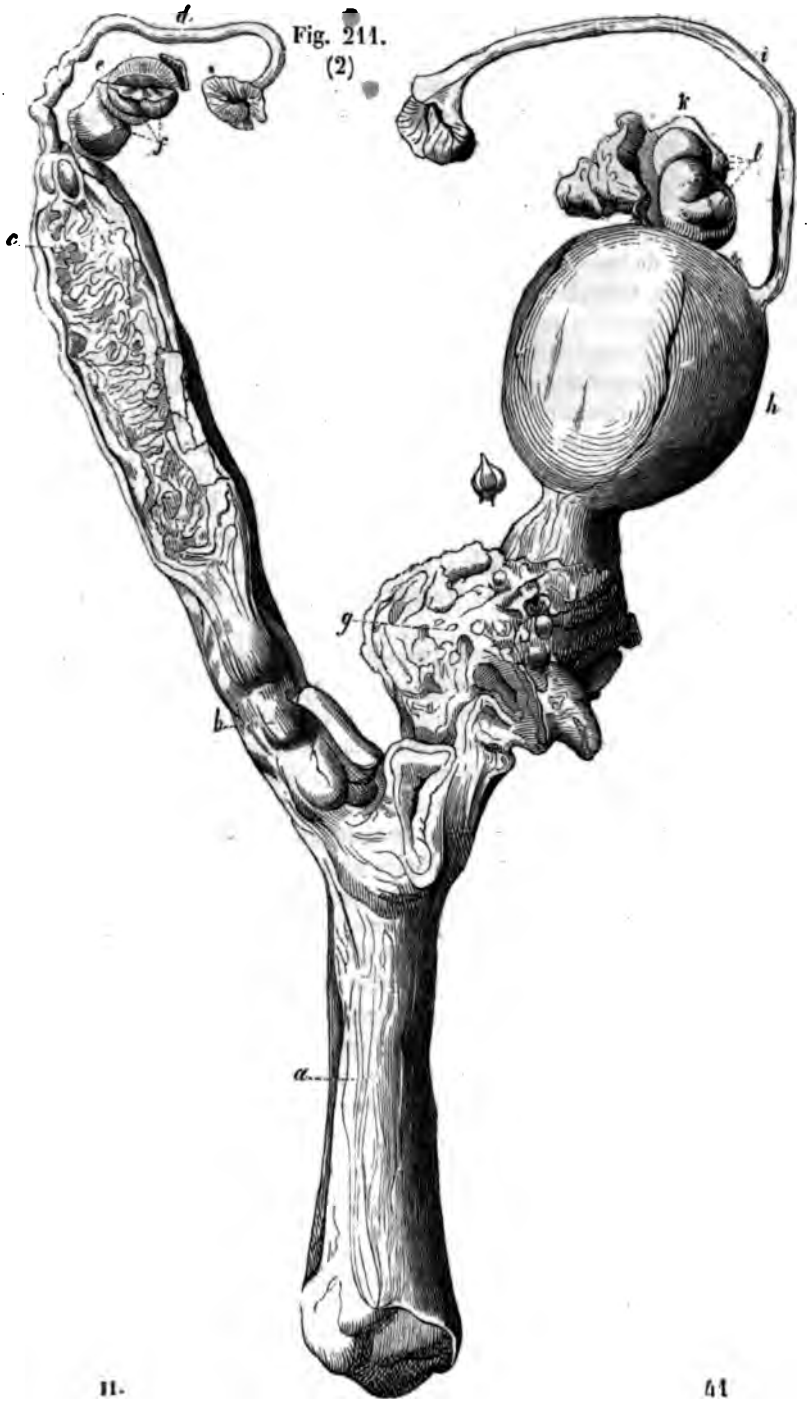


Fig. 210.

(1)

…aire, ont
…ton, Cruickshan
…us les premiers jou
…qu'à la quatrième m
…ontrée au bout de huit à

…dans la trompe chez les mi-
…aire, comme les reptiles ma,
…ne supérieure de la cavité abdo-
… les squales et les raies, la disposi-
… l'orifice commun des deux oviductes
… du foie, au-dessous du diaphragme
… abdominale : quant aux ovaires, ils sont
… squales (*Scyllium*, *Mustelus*, *Carcha-*
…ligne médiane, au-devant de la colonne
…vement vibratile des surfaces comprises
dans la progression des œufs. En effet,
…le au péritoine des grenouilles (1). Ce
…tend dans les trompes, et jusqu'à la face
…ces animaux, une grande part à l'ad-
… observé de l'épithélium vibratile à la
…ne (2).
… contenait subit les changements sui-
…, la partie postérieure de cette capsule
… gonflement est beaucoup plus consi-

…ez les squales, sur le péritoine compris entre
… des reins et des ovaires. D'après Vogt, chez
…t dont les œufs s'épanchent dans la cavité
…de cette cavité exécute des mouvements vi-

moyen du sperme d'un chien qu'ils lui injectaient dans les parties génitales avec une seringue.

Ainsi, de quelque manière que s'accomplisse la fécondation, il n'est pas douteux qu'elle ne dépend point d'une influence du mâle sur la femelle, mais qu'elle tient uniquement à l'influence de la liqueur séminale du premier sur le germe produit par la seconde.

L'action que le sperme exerce sur l'œuf a été considérée par les uns comme immédiate, par les autres comme pouvant se communiquer à distance, au moyen d'une *aura seminalis*. La fausseté de cette dernière hypothèse est prouvée par les observations de Spallanzani, qui ne pouvait parvenir à féconder artificiellement les œufs de grenouille qu'autant qu'il les mettait en contact immédiat avec la liqueur séminale, et qui échouait toutes les fois qu'il les tenait seulement suspendus au-dessus de cette dernière. Trois grains de sperme délayés dans dix-huit onces d'eau suffisent pour effectuer la fécondation par contact : Spallanzani féconda des œufs avec une seule goutte de ce liquide (1).

La progression du sperme, chez les mammifères, de la matrice dans les trompes, jusqu'à l'ovaire, prouve qu'il n'existe pas d'animaux chez lesquels la fécondation n'exige un contact immédiat entre les œufs et la liqueur séminale. La semence parvient dans la matrice après l'accouplement ou pendant sa durée. Leeuwenhoek avait déjà trouvé des spermatozoaires dans la matrice des mammifères après la copulation. Prevost et Dumas en ont rencontré dans cet organe vingt-quatre heures après le coït, et dans les trompes au bout de trois à quatre jours (2). Bischoff a été plus loin encore : ayant tué une chienne qui s'était accouplée une demi-heure et vingt-quatre heures auparavant, il découvrit des animalcules spermatiques, non seulement dans le vagin, la matrice entière et les trompes, mais encore entre les franges de celle-ci, dans la poche péritonéale qui entoure l'ovaire, et sur ce dernier lui-même. Une chienne tuée vingt-quatre heures, et une autre mise à mort trente-six heures après le premier accouplement, lui en ont également offert sur l'ovaire. L'ovaire des lapines lui en a présenté aussi (3). Le contact du sperme et de l'œuf, même chez les mammifères, est donc un fait acquis à la science (4).

L'endroit où s'opère la fécondation varie beaucoup. Nous avons déjà vu que l'œuf peut se détacher de l'ovaire avant ou après la fécondation. On peut donc concevoir trois cas :

1° La fécondation a lieu hors de l'organisme femelle.

C'est ce qui arrive chez plusieurs reptiles nus et poissons.

2° Elle s'accomplit dans l'ovaire même.

C'est le cas des mammifères et de l'espèce humaine. On pourrait déjà citer en preuve les grossesses extra-utérines, soit que l'œuf se développe dans l'ovaire lui-même, soit qu'il tombe de cet organe dans la cavité abdominale, où il prend son développement. Mais l'argument le plus décisif est fourni par les observations de Bischoff et de Barry, qui établissent que les animalcules spermatiques cheminent jusqu'à l'ovaire. Leur progression jusqu'à cet organe n'a plus besoin d'explication

(1) Spallanzani, *Expériences pour servir à l'histoire de la génération*. Genève, 1786.

(2) *Ann. des sc. nat.* Paris, 1824, t. III, p. 119.

(3) *Développement de l'homme et des mammifères*, trad. par A.-J.-L. Jourdan, p. 22, 560.

(4) Wagner, *Physiologie*, p. 49.

depuis la découverte du mouvement vibratile dans les organes génitaux femelles. Il est facile de se convaincre, chez la grenouille, de la rapidité avec laquelle ce mode de propulsion s'accomplit sur les parois des organes, en répétant l'expérience de Sharpey, qui, après avoir enlevé la mâchoire inférieure, répandait du charbon en poudre sur le palais : la poudre marche avec assez de vitesse vers la gorge, et quelques minutes suffisent souvent pour qu'elle disparaisse à la vue. La seule chose dont on puisse s'enquérir aujourd'hui, c'est la manière dont les spermatozoaires parviennent dans la matrice. Le mouvement vibratile ne saurait être invoqué ici, puisqu'il n'a pas lieu dans le vagin de la femme, et que, d'après les observations de Henle (1), on ne commence à trouver de l'épithélium vibratile que vers le milieu du col utérin. Cependant, quelque étroit que soit l'orifice de la matrice chez les jeunes sujets, on peut très bien comprendre comment la semence arrive dans l'organe pendant l'accouplement. Au moment où l'extrémité de la verge et l'orifice utérin entrent en contact l'un avec l'autre, ils forment un appareil conducteur presque complet : à la vérité, la continuité de cet appareil est interrompue par les mouvements du coït, mais le pénis érigé, qui remplit le vagin, agit comme le piston d'une seringue, et pousse le sperme éjaculé vers l'ouverture de la matrice, seul endroit par lequel il puisse s'échapper tant que la verge conserve sa rigidité.

Ces explications ne sauraient faire concevoir la possibilité de la fécondation dans les cas de persistance de l'hymen, de brièveté extrême du membre viril, d'hypospadias. On ignore quelles sont les dispositions particulières qui entrent en jeu dans ces circonstances rares. Au reste, les cas de fécondation, malgré la persistance de l'hymen, me paraissent être les seuls auxquels on doive s'attacher ici ; dans les autres, le fait ne réunit jamais les conditions nécessaires pour forcer la conviction, car c'est toujours une affaire de pure croyance lorsqu'on admet qu'une femme a été fécondée par un homme atteint d'hypospadias, et non par un autre.

3° *L'œuf et le sperme se rencontrent dans l'intérieur de l'appareil conducteur.*

Comme les œufs, chez les oiseaux, se détachent de l'ovaire, même sans qu'il y ait eu fécondation, on conçoit qu'ils peuvent être fécondés non seulement par la semence que le mouvement vibratile entraîne du cloaque jusqu'à l'ovaire, mais encore dans tous les points de l'étendue du tube conducteur où le jaune ne s'est point encore enveloppé d'un blanc et d'une coquille.

Les tritons n'ont pas d'accouplement ; le mâle frappe la femelle de sa queue, et laisse tomber son sperme dans l'eau, ainsi que l'ont observé Spallanzani et Rusconi : il est possible que cette liqueur pénètre dans les parties génitales de la femelle, qui pond ses œufs et les attache à des feuilles.

Chez les animaux ovo-vivipares, c'est-à-dire ceux dont l'œuf se développe dans l'intérieur de l'oviducte, sans tenir à la mère par un placenta ou par aucun autre mode de connexion, et sous la protection d'une coquille molle, comme la vipère, la salamandre terrestre, la blennie vivipare, et quelques espèces de raies et de squales, on ignore si la fécondation a lieu dans l'ovaire ou dans l'oviducte.

Les insectes nous présentent une des variations les plus intéressantes par rapport à la fécondation. Les femelles de ces animaux ont un sac uni avec le vagin, dans

(1) *Traité d'anat. générale.* Paris, 1843, t. I, p. 262.

lequel la semence du mâle s'introduit, et où l'on trouve des spermatozoaires longtemps encore après l'accouplement. Les œufs, qui se détachent successivement, sont exposés, dans ce sac, à l'influence fécondante de la liqueur séminale. Cependant nous manquons encore de faits certains qui prouvent que le sperme ne se rend pas successivement à l'ovaire, et chez les insectes dont les œufs se couvrent d'une coquille très dure dans l'oviducte, comme les phasmes, la fécondation pendant la ponte présenterait de grandes difficultés. Il existe, au contraire, des insectes chez lesquels les œufs sont incontestablement fécondés durant le trajet qu'ils parcourent dans le corps de la mère : tel est, d'après les observations de Siebold, le *Melophagus ovinus*, qui fait des petits vivants : ici les ovaires s'ouvrent dans un réservoir, qui, lui-même, communique avec la matrice, et qu'on trouve plein de spermatozoaires après l'accouplement; les œufs traversent ce réservoir : on conçoit alors comment un seul accouplement suffit pour que la mère puisse mettre au monde, l'un après l'autre, plusieurs petits vivants (1).

Ce qui se passe pendant la fécondation est encore totalement inconnu, et il a été d'autant moins possible jusqu'à présent d'acquérir aucune notion à cet égard, qu'on n'était pas même certain du lieu où s'accomplit la fécondation. Il importerait surtout de savoir quel rôle jouent les spermatozoaires, s'ils portent en eux-mêmes le principe fécondant, ou s'ils ne font que le propager, de même que les insectes contribuent à la fécondation des végétaux en disséminant le pollen. On pourrait alléguer, en faveur de la première des deux hypothèses, les changements que les animalcules spermatiques subissent chez les hybrides, et dont j'ai parlé précédemment d'après Wagner. En tout cas, les spermatozoaires n'ont rien à démêler avec la vésicule germinative, puisque celle-ci disparaît, dans les œufs non fécondés des ovipares, dès avant qu'ils se détachent de l'ovaire. Il n'y a pas non plus à penser que les animalcules deviennent eux-mêmes des embryons. Le blastoderme est le même dans les œufs fécondés et dans ceux qui ne l'ont point été, et c'est de son développement, facile à observer, que procède l'embryon.

La physiologie végétale a fait un pas de plus que celle des animaux, en ce qui concerne l'acte de la fécondation; il est donc intéressant de rappeler ici ce qu'elle enseigne.

Les anthères sont les organes mâles des végétaux supérieurs. Les grains de pollen renfermés dans leur intérieur contiennent une matière fécondante demi-liquide (*fovilla*), dans laquelle on observe des globules dont les mouvements sont encore aujourd'hui un sujet de controverse.

L'organe femelle des végétaux est le pistil, dont la partie supérieure porte le nom de stigmate, tandis qu'on appelle ovaire l'inférieure, dans laquelle les ovules se forment longtemps avant la fécondation. L'ovaire et le stigmate sont unis ensemble, chez la plupart des végétaux, par un tube nommé style. La substance du style se compose d'un tissu celluleux, qui tantôt remplit le tube entier jusqu'à l'ovaire, tantôt, et plus ordinairement, entoure une cavité centrale, étendue du stigmate à l'ovaire et divisée en autant de prolongements qu'il y a d'ovules. L'ovule a deux tuniques, qui circonscrivent le périsperme celluleux, et qui tiennent à l'ovaire par le moyen du cordon ombilical, lequel conduit à l'ovule des vaisseaux

(1) *Voy.* les observations détaillées de Siebold, dans Mueller's *Archiv*, 1837, p. 381.

qui se terminent dans ses tuniques. Sur un autre point de celle-ci on remarque une ouverture (*micropyle*), qui conduit dans l'intérieur de l'ovule, jusqu'au périsperme. Dans beaucoup de plantes, le périsperme sort par cette ouverture, sous la forme d'une proéminence conique. Le périsperme renferme une cavité (sac embryonnaire), qui est formée par une cellule simple, et qui a une grande importance pour la fécondation.

A l'époque de la fécondation, les anthères se rapprochent du stigmate, et le couvrent de pollen, dans les fleurs hermaphrodites; à l'égard des fleurs femelles, le pollen leur est apporté ou par les vents, ou par les insectes, et souvent de distances considérables. Amici a observé que les grains de pollen répandus sur le stigmate émettent des tubes, et A. Brongniart a suivi ces tubes, qui se prolongent jusque dans le tissu du stigmate (1). Ils naissent de la membrane interne des grains polliniques, et croissent par une véritable végétation, en s'appropriant des substances qu'ils attirent du stigmate. Depuis on a suivi ces utricules à travers le canal ou le tissu cellulaire du style jusqu'aux ovules, au micropyle, et l'acte de la fécondation a été complétement établi, pour beaucoup de plantes, par les observations de R. Brown, Horkel, Schleiden et Meyen. Mais ces observations ont donné lieu aussi à des opinions diverses touchant le sexe des plantes. Mirbel considérait la fécondation des végétaux comme l'inoculation d'une cellule mâle sur une cellule femelle. Au contraire, d'après les recherches de Schleiden (2), l'utricule pollinique serait lui-même l'embryon; en pénétrant par le micropyle, il pousserait devant lui le sac embryonnaire, et de la portion de ce sac ainsi renversée sur elle-même se séparerait une cellule qui serait le commencement de l'embryon, et donnerait lieu à la formation de nouvelles cellules. D'après cette manière de voir, qui repose sur de nombreuses observations, la théorie des sexes chez les végétaux aurait besoin de subir une réforme complète, et les organes jusqu'ici regardés comme femelles ne seraient que les réservoirs destinés à l'incubation des embryons, qui s'y introduiraient du dehors. D'autres botanistes, en particulier Treviranus et Meyen, se sont prononcés pour les idées qui autrefois avaient cours dans la science, touchant les sexes des plantes.

Suivant Meyen, la fécondation des végétaux consiste en ce que le pollen conduit dans la cavité du *nucleus* une petite quantité de substance fécondante, qui s'unit à la masse mucilagineuse et plastique contenue dans la cavité du sac embryonnaire. Tandis que le reste de l'utricule pollinique se détache, nourri par la masse mucilagineuse de la cavité du périsperme ou du sac embryonnaire, la portion réunie avec cette cavité prend de l'accroissement, et devient un utricule, dans l'intérieur duquel se forment des cellules. Meyen donne le nom de vésicule germinative à la vésicule qui apparaît après que l'utricule pollinique a pénétré dans la cavité du périsperme, ou qui naît après la réunion de l'utricule pollinique avec le sac embryonnaire, et c'est par la végétation de cette vésicule, ou par la formation de cellules dans son intérieur, que se produit l'embryon.

Il paraît qu'en ce qui concerne la fécondation chez les végétaux, on doit séparer complétement l'une de l'autre l'observation et la théorie. La première chose à

(1) Dutrochet, *Mémoires sur les végétaux et les animaux*. Paris, 1837, t. II, p. 120.
(2) Wiegmann's *Archiv*, 1837, t. I, p. 294. *Nov. act. nat. cur.*, XIX, p. 1.

faire est de savoir si l'utricule pollinique pénètre réellement dans la cavité du périsperme, en poussant devant lui et renversant le sac embryonnaire, et si la portion qui s'introduit ainsi devient l'embryon en se séparant du reste par une stricture, ou si, comme l'admet Meyen, le corps appelé par lui vésicule germinative est une chose tout à fait nouvelle, un produit de l'union du contenu fécondant de l'utricule pollinique avec le mucus du sac embryonnaire.

On ne saurait alléguer en faveur d'aucune de ces deux théories les formes intermédiaires des hybrides, qui prouvent que, chez les végétaux, le mâle et la femelle contribuent autant l'un que l'autre à la production de la forme végétale. Car, bien que, d'après l'hypothèse de Schleiden, l'embryon ne soit qu'une partie de l'utricule pollinique engagée dans le périsperme, il n'y en a pas moins une influence dynamique des sucs du périsperme sur cette partie, et, en admettant même que le fait fût démontré, la fécondation consisterait uniquement en ce que, par l'effet de son conflit avec le périsperme, une portion de l'utricule pollinique deviendrait apte à végéter sous la forme de l'espèce à laquelle appartient la plante. Sans ce conflit, l'utricule pollinique aurait indubitablement une aptitude à végéter, qu'il commence même à déployer dès avant d'avoir atteint le *nucleus*, mais il n'aurait pas celle d'acquérir la forme entière de l'espèce. De même aussi, chez les animaux, la portion de l'un des sexes qui devient apte à se développer (le germe), ne diffère pas, après avoir été fécondée, de ce qu'elle était auparavant.

De nouvelles observations décideront si la portion des plantes comparables au germe de la femelle animale est réellement le grain pollinique, ou si c'est ce qu'on a appelé jusqu'ici l'œuf végétal.

CHAPITRE VI.

Théorie de la génération par le concours des sexes.

C.-F. Wolff a pris pour point de départ, dans sa théorie de la conception (1), que la fructification est le terme de la végétation des plantes, et qu'aussitôt que la fleur apparaît à l'extrémité de l'axe, cette extrémité devient incapable de continuer l'axe sous la forme de bourgeon. Il a prouvé ensuite que les organes eux-mêmes de la fructification étaient de simples feuilles modifiées. Le calice de l'*Helianthus*, dit-il, n'est autre chose qu'un assemblage de feuilles très serrées les unes contre les autres, et plus petites que les feuilles ordinaires. Les pétales ne sont pas non plus autre chose, comme le démontrent les fleurs des graminées, dans lesquelles rien ne distingue la corolle du calice; et cette corolle ne diffère ni plus ni autrement que le calice des grandes feuilles ordinaires qui précèdent la fleur. La couleur n'est point un caractère essentiel, et il lui arrive souvent de se manifester d'une manière insensible; le *Statice* a plusieurs calices: le premier est pâle et incolore, les suivants prennent une teinte de plus en plus rougeâtre, et le dernier est celui qui a les couleurs les plus intenses, mais ils ne diffèrent pas, quant à la

(1) *Ansicht von der Befruchtung der Pflanzen und Thiere: Theorie der Generation.* Halle. 1764, p. 222.

configuration, de ceux qui le précèdent. Lorsque les capsules sont mûres, et qu'elles s'ouvrent, on reconnaît sans peine leur nature foliacée ; chaque valve est alors une véritable feuille. La même chose a lieu pour la graine ; dès qu'on la met en terre, ses parties latérales deviennent des feuilles.

Wolff prouve ensuite que la modification des feuilles qui donne lieu à la formation des fleurs consiste en un arrêt de la végétation. Les feuilles qui constituent le calice de l'*Helianthus* ont à peine un huitième de la largeur des feuilles ordinaires ; celles du calice et de la corolle des graminées ont à peine un cinquantième de la longueur des autres. Wolff ajoute que les feuilles ordinaires d'une plante deviennent peu à peu incomplètes avant la floraison. Ce phénomène est si prononcé dans l'*Helianthus* et beaucoup d'autres végétaux, qu'on ne peut pas dire où finissent les feuilles ordinaires et où commencent celles qui appartiennent au calice. Ajoutons que les internœuds deviennent de plus en plus courts jusqu'à la fleur, et que les sépales du calice de certaines plantes offrent encore des traces sensibles de la disposition en spirale qu'affectent les feuilles sur la tige. La végétation, dit Wolff, devient donc de plus en plus faible et incomplète à mesure qu'elle se rapproche de la fleur, et elle doit finir par cesser tout à fait, ce qui arrive par la formation de la graine. L'arrêt de la végétation tient au défaut de sucs, comme le prouvent le desséchement et la chute du fruit. Qu'on place dans un terrain fort maigre une plante à l'égard de laquelle on sait à peu près combien elle doit pousser de rangées de feuilles avant d'arriver à fructification, on verra non seulement que les feuilles seront très petites et incomplètes, mais encore qu'il en poussera moins de rangées avant que la plante commence à fructifier. Que le même végétal soit mis, au contraire, dans un sol gras et humide, ses feuilles deviendront plus larges et plus complètes, et il s'en développera un plus grand nombre de rangées. Lorsqu'une plante tarde à donner du fruit, et continue toujours de pousser des feuilles, on n'a qu'à la changer de terrain et la mettre dans un autre plus maigre, pour qu'aussitôt elle entre en fructification. Enfin, quand une plante a déjà produit le calice et les rudiments de la corolle et des anthères, il suffit de l'établir dans une terre meilleure pour voir les anthères se convertir en pétales, à cause de l'excès de nourriture.

Les premières parties de la jeune plante qu'on dit être produites par l'influence de la semence masculine ne diffèrent point, ajoute Wolff, des feuilles ordinaires de l'ancienne plante. La plumule est composée de jeunes feuilles, tout aussi bien que le bourgeon. Il faut donc, pour la produire, une cause identique avec celle qui existait chez la plante mère au moment où celle-ci poussait ses feuilles ordinaires. La semence masculine, ou la poussière staminale, ne peut donc être autre chose que cette cause, qui avait manqué jusqu'alors. Donc la semence masculine n'est qu'une substance nutritive portée au plus haut point de perfection. La nourriture ordinaire cesse d'affluer par les voies ordinaires à l'extrémité terminale de la plante ; la semence masculine est un aliment qui arrive à la partie susceptible de végéter, non plus par les voies ordinaires, mais du dehors.

Suivant Wolff, la conception s'accomplit de la même manière chez les animaux. L'endroit où s'arrête ici la végétation est l'ovaire, qu'on peut par conséquent comparer à un bourgeon terminal dont le développement a été suspendu.

Cette théorie renferme plusieurs propositions qui sont d'une justesse parfaite,

mais la conclusion manque d'exactitude, et l'auteur a surtout méconnu la nature de la semence. Il est vrai que la fructification consiste en un arrêt de la végétation; mais cet arrêt a un caractère tout particulier, et une nourriture aussi parfaite que possible ne saurait empêcher qu'il ait lieu. Un bourgeon qui tombe est arrêté aussi dans sa végétation, et il l'était dès avant sa chute : or nous avons vu qu'il y a des bourgeons extrêmement simples, et consistant en une seule cellule, qui ne le cèdent en rien, pour la simplicité, au germe produit par la fructification, mais qui en diffèrent essentiellement, eu égard à leur état intérieur et aux forces dont ils sont animés. Le bourgeon caduc n'a besoin, pour se développer, que d'une nouvelle nourriture, qu'il trouve soit dans la terre, soit dans un autre végétal sur lequel on le greffe. Au contraire, la substance que la semence masculine fournit au germe non fécondé est si peu une simple nourriture, d'ailleurs aussi parfaite que possible, qu'à l'instar du germe provenant de l'individu femelle, elle contient en elle la forme entière de l'espèce, ou végétale ou animale. C'est ce dont on a la preuve tant dans la génération ordinaire que dans la production des hybrides. Dans la procréation ordinaire, le produit présente non seulement les qualités de la mère, mais encore bien positivement celles de son père, ce qui est démontré pour l'espèce humaine et pour les animaux. La race, la forme, les penchants, les passions, les talents, même les maladies se transmettent tout aussi sûrement du père que de la mère au produit, et, comme ces qualités sont imprimées au germe par la semence, il s'ensuit que celle-ci doit contenir déjà la forme du père, de même que celle de la mère est contenue dans le germe qu'elle procrée. On en acquiert la conviction par l'étude des formes intermédiaires qui résultent du mélange d'espèces différentes. Le mulet participe aux qualités du cheval et de l'âne, et l'hybridité, chez les végétaux, donne fréquemment lieu à des formes moyennes, qu'on ne peut considérer comme des arrêts de l'une ou de l'autre des formes qui ont concouru à les produire. Si donc on veut donner le nom de nourriture au sperme, il faut du moins convenir que c'est une nourriture qui, comme le germe lui-même, contient en elle la forme de l'espèce végétale ou animale et toutes les qualités individuelles propres à cette espèce.

La même réfutation est applicable à ceux qui, au lieu de considérer le sperme comme un aliment, voient en lui une substance qui arrête la végétation du germe, qui met des bornes à la prolongation de l'axe. Chez les végétaux, cet arrêt a lieu dans les fleurs femelles sans le concours du principe fécondant, lequel possède la puissance de déterminer la forme, et n'est par conséquent, ni un simple excitant, ni un agent destiné uniquement à suspendre les progrès de la végétation.

Le germe non fécondé a cela de commun avec le bourgeon, que tous deux contiennent virtuellement la forme de l'espèce végétale : il diffère en ce qu'un bourgeon à fleur ne peut point par lui-même pousser de nouveaux bourgeons, et qu'un bourgeon, non seulement se développe en un nouvel individu, mais encore peut devenir un tronc sur lequel se développeront un nombre infini de nouveaux individus. Le germe non fécondé contient donc, outre l'aptitude à produire la forme de la plante, une cause particulière d'empêchement à la mise en jeu de cette aptitude, cause qui fait que la forme ne peut se développer, et qui n'existe pas dans le bourgeon. Cette cause qui empêche le germe non fécondé de se développer doit être profondément cachée, puisque le germe ne se développe point, alors

même qu'il reçoit la nourriture nécessaire. En quoi consiste-t-elle ? Comme elle ne dépend pas uniquement du défaut de substance nutritive, elle doit, suivant toute probabilité, tenir à ce que la constitution du germe présente des défectuosités qui n'existent pas dans le bourgeon, et qui mettent le germe dans l'impossibilité de se développer sous la forme préétablie sans un supplément propre à le compléter. Ce supplément est le sperme, qui contient aussi la prédisposition à la forme, mais également avec des restrictions telles que seul il ne peut reproduire cette forme, et que le concours du germe produit par la femelle lui est nécessaire pour cela. Ce qui manque au sperme n'est pas la même chose que ce qui manque à l'œuf, et chacun d'eux renferme ce qui manque à l'autre pour être complet. Le sperme et l'œuf ne sont donc pas deux moitiés semblables d'un tout. L'œuf, du moins celui des animaux, contient la partie destinée à germer, et il est de fait la cellule primaire préformée, ou bien il contient les cellules primaires préformées, qui rétablissent la chaîne interrompue de la végétation ; le sperme, au contraire, est constitué de manière à ne pouvoir pas germer, mais à représenter le liquide incitateur animé par la forme, tant de l'espèce que de l'individu.

Ceci nous rappelle le mode de végétation des cellules dans les organismes. Les cellules végétales ont le pouvoir de convertir la matière nutritive qui s'offre à elles en une substance productive encore liquide, devant servir de base à des cellules nouvelles. Cette substance plastique a été appelée *cytoblastème* par Schleiden. La formation de nouvelles cellules est déterminée par l'influence d'une cellule préexistante, et s'accomplit par la production, dans le cytoblastème, de noyaux autour desquels se forment ensuite des cellules. Les recherches de Schwann ont appris que les cellules animales végètent de la même manière. Le germe, qui est lui-même une cellule, peut donc être considéré comme une cellule prédisposée à la forme déterminée de la plante, mais défectueuse, en ce sens qu'elle n'a pas l'aptitude à produire du cytoblastème. Le sperme, au contraire, malgré sa prédisposition inhérente à la forme déterminée d'un être organique, ne contient pas de cellules primaires, et n'est pas une cellule primaire déjà organisée en individu ; il ressemble davantage à un cytoblastème doué de la prédisposition à une forme déterminée, mais manquant de quelque chose, de sorte qu'il est lui-même incapable de végéter sans la présence d'une cellule primaire. Que la cellule primaire individualisée vienne à rencontrer la substance germinative non individualisée ou le cytoblastème du sperme, aussitôt la cellule individualisée commence à végéter, de telle sorte que la cellule primaire du germe et le cytoblastème du sperme influent sur les produits de la cellule primaire, et que le nouvel individu est un mélange de deux formes, de celle de la mère et de celle du père.

L'influence réciproque du sperme et de l'œuf n'est pas le seul exemple qu'on connaisse d'action exercée l'un sur l'autre par deux êtres animés d'une forme déterminée, ni même le seul qu'on puisse citer de deux substances animées d'une forme déterminée qui se confondent complétement en un seul individu. Pour apercevoir plus nettement ce qu'il y a de particulier dans cette fusion, il sera utile de jeter un regard aussi sur le mode d'union de deux êtres animés d'une forme déterminée, qui n'a pas pour résultat de confondre les deux formes en une forme intermédiaire unique et individuelle. Les cas extrêmes sont ici l'union d'un bourgeon avec un autre tronc maternel, et la fusion des formes dans l'union du germe

et du sperme : un phénomène analogue à ce dernier est la fusion de deux bourgeons, ou la génération par conjugaison.

1° *Greffe.*

La majorité des faits établit que la greffe ne détermine aucun changement dans le sujet sur lequel on l'établit, et qu'elle n'en éprouve non plus aucun de sa part. Lorsqu'on greffe un chêne vert sur un chêne ordinaire, dont les feuilles tombent en hiver, la greffe conserve les siennes pendant la saison froide. Le laurier-cerise, greffé sur un cerisier sauvage, garde ses feuilles en hiver, tandis que le sujet perd les siens en automne (1). Une mauvaise espèce de poire greffée sur une bonne, reste mauvaise, et une bonne, greffée sur une mauvaise, demeure bonne. Si, comme on l'a dit, le jasmin blanc, sur lequel on greffe un jasmin jaune, pousse des fleurs jaunes au-dessous de la greffe, Meyen explique le fait en disant que les fleurs jaunes appartiennent réellement au jasmin jaune, dont les couches ligneuses se sont étendues en bas sur le tronc du sujet, et ont poussé des bourgeons adventifs. Les changements que la greffe produit se bornent donc principalement à l'amélioration des fruits, et à des modifications auxquelles on peut arriver aussi par la nourriture tirée du sol. C'est un moyen de conserver pure la forme individuelle de la plante, et même certaines variations, but qu'on atteint bien moins sûrement par la génération, attendu qu'ici la forme est déterminée par deux influences qui agissent avec une égale force. Le peu d'influence qu'exercent l'un sur l'autre deux êtres unis ensemble par adhérence est prouvé aussi par des exemples tirés du règne animal, et l'on sait que les monstres doubles qui parviennent à vivre quelque temps, comme, par exemple, Rita et Christina, peuvent avoir des dispositions morales différentes (2).

2° *Conjugaison ; coalescence de bourgeons.*

Quoiqu'il ne soit pas possible à deux individus accolés l'un à l'autre de se modifier mutuellement, cependant on conçoit que deux bourgeons non encore développés puissent, non seulement influer l'un sur l'autre, mais même se confondre ensemble. On est conduit à cette idée par les expériences qui ont été faites sur les hydres. Chaque partie d'une hydre peut, lorsqu'elle a été isolée, être regardée comme un bourgeon. La région postérieure du corps d'un de ces animaux, qu'on a coupé transversalement en deux, reproduit un individu complet ; mais, lorsqu'on la tient en contact avec la surface de la plaie faite à la région antérieure, elle se réunit à cette dernière, dont elle redevient partie constituante, et au centre vital de laquelle elle reprend sa subordination. C'est ce que Trembley a démontré. Ce phénomène fait penser que même deux portions d'une hydre, qui ne contiennent point encore de centre, mais qui peuvent se développer chacune en un individu nouveau, et qui doivent être considérées comme des bourgeons nouveaux, redeviendraient, si on les tenait assez rapprochées pour qu'elles pussent adhérer ensemble, un bourgeon unique, dont le développement donnerait naissance à un individu également unique. On trouve cette expérience parmi le grand nombre de celles qu'a tentées Trembley ; mais elle n'a jamais réussi ; les morceaux ne se réunirent point, et il ne s'opéra pas, par conséquent, de fusion comparable à la

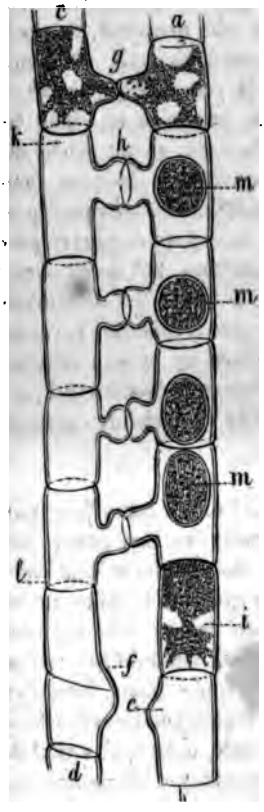
(1) Meyen, *Pflanzenphysiologie*, t. III, p. 92.

(2) Serres, *Recherches d'anatomie transcendante et pathologique*. Paris, 1832.

génération par le concours des deux sexes. Ces morceaux avaient l'aptitude à être des bourgeons, mais ils ne s'étaient point encore transformés en bourgeons.

Une véritable fusion de deux bourgeons en un seul a cependant été observée chez quelques êtres organisés inférieurs. Ainsi, O.-F. Müller l'a vue chez les conferves des genres *Conjugata* et *Spirogyra*, Ehrenberg (1) chez un champignon appelé *Syzygites*, Ehrenberg et Morren chez les clostéries (2). A l'époque de la conjugaison, les articles des conferves présentent des excroissances gemmiformes qui s'unissent à celles des conferves voisines : après quoi, les parois des cellules disparaissent par résorption, et les deux conferves communiquent librement l'une avec l'autre (3). La masse mucilagineuse contenue dans les articles prend la forme de grumeaux, et passe de l'un des filets dans l'autre, où, par la réunion avec celle que ce dernier renferme, elle produit une masse sphérique, qui est le fruit (4). Dans chacun des filaments conjugués, certains articles reçoivent le contenu des articles du filament opposé, tandis que d'autres fournissent le leur. Vaucher a observé qu'après la conjugaison opérée entre deux conferves, le contenu des filaments peut aussi se réunir dans le tube formé par la communication (5). Ce qui prouve que les masses qui s'unissent ainsi sont des bourgeons, et qu'il n'y a pas de différences sexuelles entre elles, c'est d'abord l'identité de leurs caractères extérieurs, et ensuite cette circonstance que des bourgeons analogues peuvent se développer sans conjugaison préalable, sur les conferves, par exemple, chez les spirogyres, d'après les observations de Meyen.

Fig. 214.



3° *Fusion du germe et du sperme dans la génération par le concours des sexes.*

La conjugaison est, à ce qu'il paraît, une fusion de deux bourgeons semblables l'un à l'autre. Ce mode de procréation est évidemment supérieur à la simple génération ; car un bourgeon qui résulte d'un acte de conjugaison doit participer aux qualités individuelles de deux individus, tandis qu'un bourgeon ordinaire ne propage que l'individu. La génération par le concours des sexes paraît avoir aussi

(1) *Verhandl. der Gesellschaft naturf. Freunde zu Berlin*, t. I, 1829.

(2) Morren, *Ann. des sc. nat.*, 1834, t. V, p. 257. — Ehrenberg, *Die Infusionsthierchen*, tab. V-VI.

(3) La figure 214 représente, d'après Meyen (pl. X, fig. 11), la *Conferva bipunctata* en train de se conjuguer : *a b* l'une des conferves ; *c d* l'autre conferve. En *g*, les excroissances ne sont pas encore réunies, tandis qu'en *h* et dans les articles suivants, elles le sont, excepté l'article *i*. En *m*, on voit les spores.

(4) Meyen, *ibid.*, p. 416.

(5) Meyen, *loc. cit.*, tab. X, fig. 14 et 15.

pour but principal d'élever le produit au-dessus des limites de l'individu, pour le faire arriver à celles du genre et de l'espèce. Elle diffère de la conjugaison en ce que chacune des deux substances joue le rôle de complément par rapport à l'autre, que l'une reçoit et l'autre donne, que l'une a déjà acquis la forme organique tandis que l'autre est encore liquide et tend à s'organiser.

LIVRE HUITIÈME.

DU DÉVELOPPEMENT.

SECTION I.

DU DÉVELOPPEMENT DE L'ŒUF ET DE L'EMBRYON.

Le développement de l'embryon des poissons et des reptiles nus se faisant remarquer, dans la grande série des vertébrés, par la simplicité avec laquelle il s'accomplit, c'est par son histoire qu'il convient de commencer celle de la manière dont les animaux de cette grande catégorie se développent. On ne trouve point là l'amnios, ni l'allantoïde, qui appartiennent aux reptiles écailleux, aux oiseaux et aux mammifères. Aristote savait déjà que les poissons n'ont pas l'allantoïde des oiseaux, mais qu'ils possèdent leur sac vitellin ; car, dans son *Traité de la génération*, il enseigne que leurs œufs n'ont pas le second conduit ombilical des oiseaux, qui se rend au chorion, au-dessus de la coquille (allantoïde), mais qu'on trouve chez eux le conduit ombilical allant au jaune (1). Tous les développements se réduisent donc ici aux phases que parcourent la membrane blastodermique, l'embryon qui en provient et le sac vitellin. Chez tous les animaux vertébrés, la formation de l'embryon et du sac vitellin suit un type commun, qui présente des nuances particulières dans chaque classe (2). A cet égard également, les poissons et plus encore les reptiles nus occupent le premier rang, eu égard à la simplicité des opérations. Chez les reptiles nus (3), la membrane blastodermique entière et

(1) *De generatione animalium*, 3, 3 : πρῶτον μὲν γὰρ οὐκ ἔχουσι τὸν ἕτερον ὀμφαλὸν τὸν ἐπὶ τὸ χόριον τείνοντα ὃ ἐστιν ὑπὸ τὸ περιέχον ὄστρακον.

(2) *Cons.*, sur le développement des animaux en général, Dutrochet, *Mémoire pour servir à l'histoire anatomique et physique des végétaux et des animaux*. Paris, 1837, t. II, p. 200.— Burdach, *Physiologie*, t. III. — Baer, *Entwickelungsgeschichte der Thiere*. Kœnigsberg, t. I, 1828; t. II, 1837. — Valentin, *Entwickelungsgeschichte*. Berlin, 1825. — Wagner, *Physiologie*, t. I. Leipzick, 1839. — R. Owen, *J. Hunter's observations on animal developement*. Londres, 1841.

(3) *Cons.*, sur le développement des reptiles nus, Rusconi, *Développement de la grenouille commune*. Milan, 1826. *Amours des salamandres aquatiques*. Milan, 1822. — Rathke, *Entwickelungsgeschichte der Natter*. Kœnigsberg, 1839. — Baer, dans Burdach, *Physiologie*, t. III. — Reichert, *Das Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*. Berlin, 1840, p. 5-86. — Vogt, *Untersuchungen ueber die Entwickelungsgeschichte des Alytes obstetricans*. Soleure, 1841.

l'analogue du sac vitellin des autres animaux sont employés à la formation de l'embryon, tandis que, chez beaucoup de poissons (1), l'embryon commence déjà à se séparer du sac vitellin par une ligne de démarcation.

CHAPITRE PREMIER.

Du développement des poissons et des reptiles nus.

Changements du jaune avant la formation de l'embryon.

Il paraît que, chez tous les animaux, certains changements dans la masse entière du jaune précèdent l'instant où l'embryon commence à acquérir une forme propre; mais l'étendue de ces changements varie beaucoup dans les diverses classes: ils sont, par exemple, très peu prononcés chez les oiseaux, et fort considérables, au contraire, chez les reptiles nus, les poissons et beaucoup d'invertébrés, où ils ont pour conséquence la manifestation d'un sillonnement régulier du jaune.

C'est à Prevost et Dumas qu'on doit la découverte du sillonnement du jaune des œufs de grenouille (2). Des observations précises à ce sujet ont été faites ensuite par Rusconi (3), Baumgaertner (4), Baer (5), Bergmann (6), Reichert (7) et Vogt (8).

On sait que la surface du jaune présente deux champs diversement colorés. L'une des moitiés est noire, et l'autre claire. La couleur foncée provient d'une couche mince de masse vitelline noire. Au milieu de ce champ, on remarque dans l'endroit noir un vide (appelé par Baer *point germinatif*), qui est l'orifice d'un canal conduisant dans une cavité située un peu plus profondément. Baer nomme *axe de l'œuf* une ligne qui va de cette partie moyenne du champ noir au champ clair; *sillons méridiens*, ceux qui s'étendent du centre d'un champ à celui de l'autre, et dont le plan passe par l'axe de l'œuf; *sillons équatoriaux*, ceux dont le plan coupe plus ou moins exactement cet axe en deux parties égales; et *sillons pa-*

(1) *Cons.*, sur le développement des poissons, Rathke, *Abhandlungen zur Bildungs-und Entwickelungsgeschichte.* Leipzick, 1833. — Baer, *Untersuchungen ueber die Entwickelungsgeschichte der Fische.* Leipzick, 1835. — Rathke, *Zur Geschichte der Thierwelt*, IV. — J. Davy, *Philos. trans.*, 1834. — Mueller, dans *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1839. — Filippi, sur le développement du *Gobius fluviatilis*, dans *Annali universali di medicina*, 1841, août. — Vogt, *Embryologie des Salmones*, dans Agassiz, *Hist. nat. des poissons d'eau douce de l'Europe centrale.* Soleure, 1842, t. I.

(2) *Ann. des sc. nat.*, t. II, p. 129.

(3) *Développement de la grenouille commune.* Milan, 1826.

(4) *Beobachtungen ueber die Nerven und das Blut.* Fribourg, 1830, p. 23.

(5) Mueller's *Archiv*, 1834, p. 481.

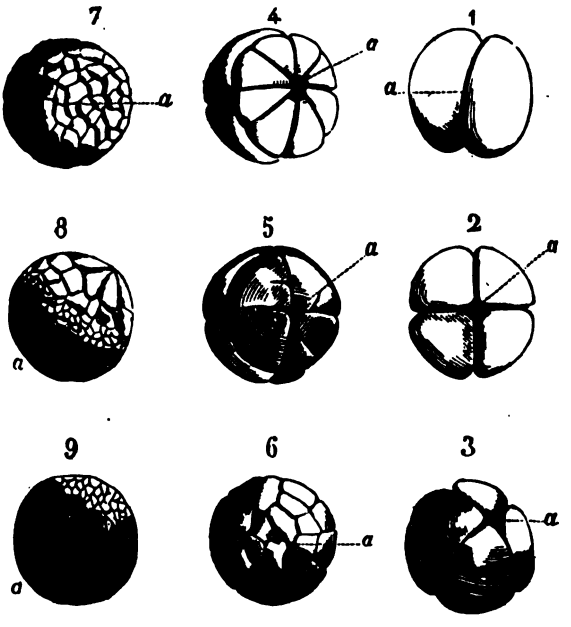
(6) Mueller's *Archiv*, 1841, p. 89; 1842, p. 92.

(7) *Ibid.*, 1841, p. 523.

(8) *Untersuchungen*, etc., p. 3.

rallèles, ceux qui sont beaucoup plus rapprochés d'une des extrémités de l'axe, c'est-à-dire d'un des pôles, que de l'autre (1).

Fig. 215.



A la fin de la cinquième heure après la ponte se forme le premier sillon méridien, qui part du milieu du champ obscur. Ce sillon n'est pas borné à la superficie : il s'étend à toute l'épaisseur du jaune, de manière que, chez les salamandres, il donne lieu à la production de deux masses ellipsoïdes, situées à côté l'une de l'autre, et entre lesquelles il n'existe plus que de faibles moyens d'union. Avant que la division en deux hémisphères soit complète, six à sept heures après la fécondation, on voit paraître le second sillon méridien, qui croise le premier à angle droit. Un œuf qu'on a fait durcir se partage alors en quatre quarts de sphère. Bientôt après cependant se produit le sillon équatorial, puis il se forme de nouveaux sillons méridiens, et enfin des sillons parallèles, de manière que le jaune prend l'aspect d'une mûre, ensuite d'une framboise ; après quoi, les sillons se multipliant toujours, la surface devient semblable à une peau de chagrin, et enfin à la cassure d'un grès. Un moment arrive pourtant où elle redevient parfaitement lisse. Ce cycle de changements peut être accompli en vingt-quatre heures. Un peu plus tard s'effectue la séparation de l'embryon : le champ clair s'allonge alors proportionnellement à la diminution que son étendue subit par rapport à celle du champ obscur.

Les sillonnements du jaune ont été observés par Rusconi, dans l'œuf des poissons. Peu après la fécondation, que Rusconi avait opérée artificiellement, l'œuf de la tanche perd sa forme sphérique, et prend celle d'une poire. En effet, sur

(1) La figure 215 représente, d'après Baer, neuf degrés du sillonnement du jaune d'œuf de grenouille. Comme les positions sont différentes dans chaque figure, le pôle obscur a été désigné partout par la lettre *a* : 1, premier changement, vu un peu de côté ; 2, second changement, vu directement du haut ; 3, troisième, vu obliquement du haut ; 4, quatrième, sous sa forme régulière, vu du haut ; 5, le même, très anomal, vu du haut ; 6, le cinquième, vu de haut ; 7, le sixième, vu de haut ; 8, le septième, vu de côté ; 9, le neuvième, vu de côté. Les deux dernières figures ont le segment clair tourné en haut et de côté, parce qu'autrement il serait tombé dans l'ombre, et il aurait fallu le représenter obscur.

une partie de la surface, on voit surgir une sorte de renflement semblable à celui que produirait l'action d'une ventouse, et à la base duquel se réunissent les petites granulations du jaune, qui, jusque-là, étaient éparses. Une demi-heure après ce changement, il apparaît, sur la partie saillante du jaune, deux sillons qui se coupent à angle droit. Un quart d'heure plus tard, deux nouveaux sillons se montrent à côté des premiers, de sorte que la saillie, qui était auparavant formée de quatre lobes, en offre maintenant huit. Au bout d'un quart d'heure, chacun de ces huit lobules est de nouveau partagé en quatre par six nouveaux sillons qui se croisent à angle droit. Au bout d'une demi-heure, il se développe plusieurs sillons nouveaux, qui croisent les premiers ; de la résulte que les lobules deviennent plus petits, et si nombreux qu'on peut à peine les compter. Le même phénomène continue jusqu'à ce que la partie saillante du jaune soit redevenue aussi lisse qu'elle l'était avant l'apparition des premiers sillons (1).

Les sillonnements du jaune ont été vus également chez un assez grand nombre d'animaux sans vertèbres (2).

Végétation des cellules du jaune pendant le développement.

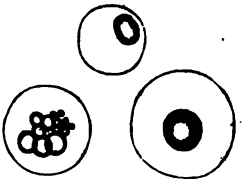
D'après les recherches de Schwann, la masse vitelline des animaux est com-

(1) Vogt (*Embryologie des Salmones*, Neuchâtel, 1842, p. 29) décrit ainsi les phénomènes qu'il a observés dans l'œuf de la palée (*Corregonus Palæa*). A peine déposé dans l'eau, l'œuf se gonfle, et sa membrane se présente bientôt sous la forme d'un anneau, séparé du jaune par un espace transparent. Il ne tarde pas à se former sur le jaune un renflement vésiculaire transparent, qui, lorsqu'il est parvenu à sa plus grande hauteur, occupe à peu près le quart du pourtour du vitellus, et représente alors exactement un segment de sphère. Au microscope, on découvre dans ce renflement un liquide visqueux et des vésicules transparentes, paraissant contenir un liquide semblable à celui dans lequel elles flottent. Cependant la colline change de forme : un léger enfoncement se creuse sur son milieu ; les bords sont devenus plus roides ; le renflement entier a pris une forme plus massive et une apparence granulaire plus marquée. En tournant l'œuf, on aperçoit bientôt qu'un léger sillon, flanqué de deux éminences allongées, occupe le milieu du renflement. Ce sillon, qui va d'abord en diminuant de profondeur vers ses extrémités, se rétrécit peu à peu, et devient plus profond. Mais, avant qu'il ait pénétré jusqu'au fond des deux éminences latérales, on voit apparaître un second sillon qui le coupe à angle droit, de sorte qu'alors le renflement se compose de quatre collines d'égale grandeur, séparées par un sillon en croix. Bientôt on découvre un autre sillon, parallèle au second, et qui fait que le renflement présente six collines, chacune des deux éminences primitives étant divisée en trois. Peu à peu les sillons changent de forme : l'ouverture supérieure se rétrécit, et bientôt ils ne figurent plus que des fissures traversant la masse. Un nouveau sillon parallèle vient maintenant diviser l'éminence médiane, et de là résulte une double série de collines. Vers le milieu du second jour, le renflement est plus haut ; sa surface est plus aplatie ; ses bords s'élèvent presque verticalement au-dessus du jaune. Les sillons se sont transformés en fissures ; il y en a trois dans un sens et deux dans l'autre, qui s'entrecoupent à angle droit, en sorte que le disque entier se trouve composé de douze collines. Peu à peu ces divisions se multiplient à tel point que les carrés qu'elles forment deviennent presque innombrables. Vers le troisième jour, les derniers sillons ont disparu et la surface est aussi lisse qu'auparavant ; mais sa transparence a beaucoup diminué, par suite du développement de cellules qui s'est opéré dans l'intérieur, à mesure que les sillons se modifiaient. Cette description de Vogt ne diffère guère de celle de Rusconi qu'en ce que ce dernier ne mentionne pas le moment où il y a deux collines, ni celui où il y en a six ; il n'en a vu que quatre et huit, placées sur deux rangs. (*Note du trad.*)

(2) On trouve ces animaux énumérés dans Bischoff, *Développement de l'homme et des mammifères*, trad. par A.-J.-L. Jourdan, Paris, 1843, p. 66.

posée de cellules (1). Celles-ci ne se ressemblent pas dans toutes les parties du jaune. Dans l'œuf des oiseaux, les cellules de la cavité vitelline, jusqu'au germe, sont des cellules à noyau.

Fig. 216.



Les cellules vitellines n'ont pas non plus la même configuration chez tous les animaux. Quant à ce qui concerne les poissons et les reptiles, la forme ronde est la plus ordinaire. Je les trouve elliptiques chez les squales (*Scyllium*, *Acanthias*, *Squatina*) et les myxinoïdes, tandis que, chez les raies (*Raja*), elles sont la plupart du temps aplaties et carrées, avec les bords et les angles arrondis, de sorte qu'il suffirait déjà d'elles pour faire distinguer les raies des squales.

Le jaune prend la part la plus essentielle au développement de l'embryon, tantôt surtout dans sa couche germinative, tantôt aussi, comme chez la grenouille, dans sa masse entière, et c'est avec raison qu'il a été dit par Rusconi que l'embryon de la grenouille naît du jaune lui-même. Les découvertes de Schleiden et de Schwann ont aussi jeté une lumière inattendue sur ce sujet.

Schwann a fait voir que l'œuf des animaux est une cellule, et que la membrane vitelline représente la paroi de cette cellule, la vésicule germinative son noyau, le jaune enfin son contenu. Il a montré de plus qu'obéissant à la loi du développement des cellules, ces cellules vitellines naissent dans une cellule mère (l'œuf), et que les premiers commencements de l'embryon consistent en des cellules. Il a fait remarquer déjà que le jaune ne doit pas être considéré comme un aliment ordinaire, qu'il ne ressemble point à un jaune d'œuf avalé par un adulte, eu égard à l'organisme duquel ce jaune est véritablement un corps mort, obligé de subir une dissolution chimique avant de pouvoir servir à la nutrition. Les cellules vitellines participent à la vie mise en éveil par l'incubation. Elles opèrent, dans leur propre contenu, une métamorphose par suite de laquelle l'albumine qu'elles renferment perd sa coagulabilité et les granulations se dissolvent, de même que, chez l'embryon végétal, les granules d'amidon se dissolvent dans les cellules : aussi Schwann compare-t-il le jaune, par rapport à l'embryon animal, au périsperme de l'embryon végétal, par rapport à la propriété nutritive (2). Quant au blanc proprement dit de l'œuf d'oiseau, il disparaît en totalité pendant l'incubation, et se trouve absorbé à titre d'aliment ordinaire.

La végétation ultérieure des cellules vitellines se présente déjà dans les observations de Bischoff, de Barry et de Reichert. Les deux premiers ont reconnu qu'il se produit des cellules dans la masse du jaune de l'ovule des mammifères, au moment où il se développe ; mais Reichert a observé la formation de jeunes cellules dans les cellules mères déjà existantes de la masse entière du jaune, et il a constaté que c'est là une végétation qui accompagne toutes les phases du développement chez les grenouilles, où le jaune entier est employé à la production de l'embryon, et n'est, à proprement parler, que l'embryon lui-même à l'état de dissolution ; suivant lui, cette formation de jeunes cellules dans les cellules libres du jaune,

(1) La figure 216 représente, d'après Schwann, des cellules de la cavité du jaune d'un œuf de poule à maturité.

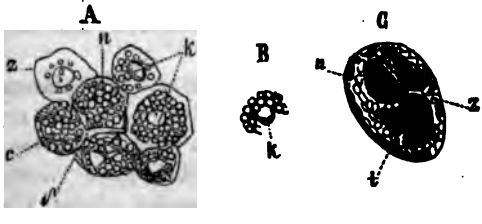
(2) *Mikroskopische Untersuchungen*, p. 70.

pendant le développement, n'a point lieu chez les oiseaux, où la production de jeunes cellules demeure bornée à la portion du jaune qui germe.

Chez les plagiostomes, on aperçoit sur les cellules vitellines des lignes transparentes et obliques, auxquelles souvent correspondent aussi des scissures. Chez les squatines, la plupart de ces cellules offrent une ligne qui les entoure dans le sens de leur longueur, et plusieurs lignes transversales. D'autres cellules montrent des lignes de séparation obliques, et, dans d'autres encore, dont la forme est irrégulière, ces lignes, qui le sont également, divisent le tout en plusieurs segments irréguliers (1). Chez les serpents et les crocodiles, au contraire, le reste de jaune du fœtus contient beaucoup de grandes cellules vitellines, avec de jeunes générations, et celui du crocodile présente aussi des cellules qui en renferment d'autres emboîtées les unes dans les autres.

D'après les observations de Reichert (2), le jaune de l'œuf de grenouille, parvenu à maturité et fécondé, se compose de deux sortes de globules, différents par leur volume (3). Les plus petits occupent l'endroit du jaune où les premiers vestiges de l'embryon deviennent visibles, sous la forme d'un disque arrondi: ils représentent la couche germinative, qui correspond au germe et au noyau de la cicatricule dans l'œuf d'oiseau. Le reste de la masse vitelline est formé de corpuscules qui ont un volume deux à quatre fois plus considérable. Tous ces corpuscules sont

Fig. 217.



(1) Les cellules vitellines des squales et des raies sont encore entourées d'une autre membrane (membrane de la cellule mère), qui, par l'effet du développement, se remplit de fines granulations. Les divisions apparentes de ces cellules semblent être l'effet de l'adossement de cellules placées à côté les unes des autres. Chez quelques squales, les cellules vitellines se comportent autrement que de coutume. Ainsi, par exemple, chez les scymmes, elles sont très grosses et pleines de cellules beaucoup plus petites.

(2) *Das Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*. Berlin, 1840, p. 5.

(3) La figure 217 est tirée de Reichert : C cellule vitelline du centre du jaune de l'œuf de grenouille, dans laquelle on ne peut pas bien distinguer la membrane enveloppante, à cause des globules contenus dans son intérieur ; *n* contenu, globuleux ; *t* tache obscure, partie médullaire d'une jeune cellule vitelline contenue dans la cavité de la cellule ; *z* contour de la membrane enveloppante : on la reconnaît à ce que les globules périphériques sont rangés régulièrement, comme si une membrane les retenait liés ; B jeune cellule obtenue par l'écrasement de la cellule vitelline mère, et dont la membrane enveloppante a été détruite en même temps ; *b* noyau entouré de globules ; A membrane enveloppante de l'embryon de grenouille : on a réuni les cellules de la membrane à divers degrés de développement, pour donner une idée de leurs métamorphoses ; *c* cellule du premier rudiment de la membrane, dans laquelle on ne peut distinguer nettement ni l'enveloppe, ni le noyau, sans détruire la cellule : dans les autres cellules, on voit l'enveloppe se prononcer peu à peu, ainsi que le noyau, à mesure que le contenu globuleux est consommé ; *z* cellule de la membrane enveloppante, offrant un noyau, un nucléole et une enveloppe : autour du noyau on aperçoit encore les restes du contenu globuleux ; *k* noyaux et nucléoles ; *n* contenu globuleux ; *p* espaces clairs, qui se produisent quand le contenu globuleux disparaît aux surfaces de contact des cellules, et qui, quand les contours des enveloppes des cellules sont peu prononcés, donnent l'apparence d'une substance intercellulaire.

très serrés les uns contre les autres, et il n'existe pas entre eux de substance intermédiaire amorphe. On les aperçoit déjà sans peine à l'œil nu, mais on les distingue bien mieux encore avec le secours d'une loupe. A un grossissement de quatre cent cinquante diamètres, ils se montrent circonscrits par des contours arrondis, qui passent plus ou moins à l'ovale. Ils paraissent presque uniformément opaques et obscurs, et composés de globules plus petits, de manière à rappeler la forme d'une grappe ; cependant les petits globules sont tellement disposés les uns à côté des autres à la périphérie, qu'à peine dépassent-ils le contour du globule entier dont ils font partie.

Lorsqu'on écrase les granulations vitellines, leurs petits globules deviennent libres; ils sont presque entièrement transparents, sans ombres, avec des contours fortement prononcés, et leur aspect général rappelle assez bien celui d'une gouttelette de graisse. Mais on éprouve de la difficulté à les écraser, et ils ne se confondent point non plus ensemble par l'effet de la compression. La plupart d'entre eux se ressemblent assez quant au volume : quelques uns seulement se distinguent des autres à cet égard, et parfois on serait tenté de croire qu'il s'y manifeste un commencement d'apparence granulée. Outre ces petits globules, l'écrasement met encore en liberté d'autres corpuscules beaucoup plus petits, et plus clairs, qui se montrent agités d'un vif mouvement moléculaire.

Ce qui vient d'être dit des corpuscules vitellins concerne principalement ceux qu'on trouve dans le milieu du jaune. Si l'on contemple au microscope quelques uns de ceux qui occupent la périphérie, on y remarque bien, en général, la même structure; mais on découvre aussi, dans leur intérieur, deux ou trois taches plus foncées, et l'écrasement y fait reconnaître, outre le contenu précédemment décrit, deux ou trois globules plus gros, jaunâtres, d'un aspect granulé, et parfois entourés d'une masse claire. Ces globules sont évidemment la cause de l'apparence tachetée qui perçait à travers l'opacité presque uniforme des corpuscules vitellins.

Lorsqu'on examine la masse vitelline située au voisinage de la couche germinative, les taches se montrent de plus en plus prononcées, et les corpuscules du jaune semblent n'être formés que par elles. On finit par arriver ainsi à la couche germinative elle-même, où les portions obscures des plus gros globules se présentent à l'état d'isolement dans les petits. Ces petits corpuscules vitellins de la couche germinative ressemblent absolument aux gros; leur masse principale est formée par les globules qui ont été décrits plus haut. Mais, de plus, on peut, par la compression, exprimer de chacun d'eux un globule plus gros, jaunâtre, granulé; les corpuscules moléculaires sont beaucoup plus petits et tout à fait obscurs.

Plusieurs circonstances prouvent qu'on a affaire ici à des cellules. En effet, on sait qu'il est très commun que, quand une cellule se trouve fortement distendue par un contenu grenu, sa membrane pariétale ne soit point perceptible, non plus que son noyau lui-même. Cependant il y a une chose qui frappe, c'est que les corpuscules vitellins, quoique très serrés les uns contre les autres, ne perdent pas leur forme, que les contours conservent une parfaite uniformité, malgré l'accumulation des globules en manière de mûre, qu'à l'aide de la compression on parvient à faire sortir d'un grand nombre de ces globules de petits corpuscules granulés, jaunâtres, qui correspondent parfaitement aux noyaux des cellules, que les corpuscules moléculaires ainsi exprimés arrivent peu à peu sur la surface des globul

vitellins, comme s'ils passaient à travers une fente, enfin que les gros globules se réduisent en d'autres plus petits. Mais ce qui écarte tous les doutes eu égard à la nature vraiment celluleuse de ces parties, c'est la métamorphose que les petits corpuscules vitellins subissent plus tard dans la couche germinative et en général pendant le développement de l'embryon. En effet, après que le contenu globuleux a été consommé en partie, on distingue nettement et le noyau qu'on parvenait déjà auparavant à faire sortir par la pression, et même la membrane formant la paroi des cellules.

Le jaune des œufs de grenouille est donc entièrement composé de cellules, dont le contenu globuleux empêche d'apercevoir la membrane pariétale et le noyau. Dans le milieu se trouvent des cellules plus grosses que les autres, sans noyau. Ce sont les plus arriérées de toutes eu égard à la génération qui doit se produire. Elles sont encore, comme cellules mères, à ce degré de la vie où le noyau de la cellule est résorbé, et où la nouvelle génération doit se développer aux dépens du contenu de la cellule. Les cellules vitellines qui les avoisinent montrent de jeunes noyaux, et de jeunes cellules se développent en elles. En se rapprochant de la périphérie, et notamment de la couche germinative, on reconnaît les jeunes cellules, très bien indiquées par les taches obscures dont sont marquées les grandes cellules mères du jaune. Puis la paroi membraneuse de la cellule mère disparaît tout à fait, la jeune génération se trouve mise en liberté, et elle s'accumule, sous forme de petites cellules vitellines, dans la couche germinative, pour être prête à subvenir au besoin du développement commençant de l'embryon. Ce mode de développement persiste aussi longtemps que le jaune lui-même. Lorsque les formations embryonnaires sont sur le point de se produire, les petites cellules vitellines, déjà toutes préparées, en fournissent les matériaux, et elles sont remplacées par d'autres, qui viennent du milieu (1).

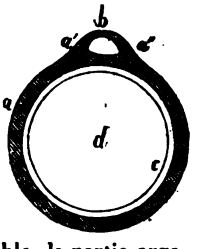
(1) Suivant Prevost et Lebert (*Ann. des sc. nat.*, 1844, t. I, p. 222), les éléments qui constituent l'œuf non fructifié se forment de la manière suivante. L'ovule peu avancé contient des vésicules à noyaux. L'enveloppe et le contenu de ces vésicules se transforment en granules et en petits globules, qui forment des agglomérations, soit entre eux, soit autour des noyaux développés, qui, à leur tour, se sont transformés en globules diaphanes. Ces amas s'entourent, pour la plupart, de membranes enveloppantes, et ainsi se forment les *globules vitellins*. L'œuf parvenu à maturité est donc composé de granules, de petits globules groupés en partie autour de vésicules diaphanes, et de globules vitellins contenant tous ces éléments, qui entourent la vésicule germinative, laquelle disparaît après la fécondation. L'œuf fécondé contient : 1° des granules de 0,0012 — 0,0025 millimètres ; 2° des globules primitifs, aplatis, oblongs, de 0,0087 — 0,04 de long, sur 0,005 — 0,0062 de large ; 3° de grands globules, de 0,05 — 0,0375 et plus, formés de granules et de globules primitifs, groupés autour d'un noyau diaphane, de 0,025 — 0,03. Ce sont les globules vitellins, correspondants aux globules du jaune de l'œuf d'oiseau. Ce qui augmente encore l'analogie, c'est qu'on rencontre quelquefois une cavité centrale semblable à celle, remplie de globules blancs, qu'on trouve dans l'œuf d'oiseau ; un certain nombre de ces globules n'ont point de membrane enveloppante ; 4° des globules granuleux, de 0,0125 — 0,025 ; 5° des globules de 0,02 — 0,03, contenant des granules en mouvement moléculaire, de petits globules, et un noyau diaphane de 1,0125 — 0,015. Ces globules, appelés *organo-plastiques*, constituent la base de la première formation du sang de tous les tissus et de tous les organes. La séparation des éléments de l'œuf en globules vitellins et en globules organo-plastiques est un des premiers effets de la fécondation. — *Comp.* la description très détaillée que Vogt a donnée de l'œuf des poissons (*Embryologie des Salmones*, p. 26) et les nombreuses figures qu'il y a jointes.

(*Note du trad.*)

Forme de développement des poissons et des reptiles nus.

Le germe qui se développe apparaît d'abord sous la forme d'une mince couche du jaune ayant une étendue limitée. Cette couche, appelée *membrane proligère*, s'agrandit en se moulant sur le jaune, et finit par devenir une vésicule, qui renferme entièrement ce dernier. La membrane proligère n'enveloppe le jaune que longtemps après la formation de l'embryon dans les œufs du *Blennius viviparus* (Rathke), tandis que, chez les cyprins (Baer), elle a déjà produit un sac complet avant qu'on puisse observer aucun vestige de l'embryon. Les parties de celui-ci qui apparaissent d'abord sont celles qui constituent l'axe de son corps. La portion du germe qui a paru la première se creuse d'un sillon, sur les côtés duquel s'élèvent en dehors deux renflements ou languettes (lames dorsales). Ces languettes se réunissent dans le milieu, et par là produisent, d'après les anciens observateurs, le rudiment du rachis, selon Reichert, celui des organes centraux du système nerveux (1). Au centre, on voit paraître la corde dorsale, filet délié autour duquel se produisent ensuite les rudiments pairs des diverses vertèbres.

Fig. 218.



La membrane proligère se divise, d'après les observations de Rathke et de Baer, en deux couches, l'une interne, l'autre externe. La première, appelée *feuillet muqueux*, ou plus exactement *feuillet organique*, sert à la formation du système organique; l'autre, nommée *feuillet séreux*, ou mieux *feuillet animal*, sert à la production du système animal (os, muscles, peau) du corps de l'animal. Le cœur naît entre les deux feuillets, sous la forme d'un canal simple (2).

Ainsi la partie animale de l'embryon représente un tube double, la partie organique un tube simple, et celui-ci est renfermé dans la partie inférieure de celui-là. Chez les animaux sans vertèbres, le corps se produit aussi de deux feuillets de la membrane proligère; mais ces feuillets constituent, avant le développement, deux vésicules concentriques, dont la portion ventrale se produit la première chez les articulés, et qui se closent du côté du dos. Ici le feuillet animal ne forme pas un tube double.

(1) Suivant Vogt (*Embryologie des Salmones*, p. 53) l'opinion de Reichert n'est pas applicable aux poissons. Reichert pense que les deux lames dorsales sont les deux moitiés du système nerveux, séparées par la corde dorsale, et il croit que ces deux moitiés se composent, dans l'origine, de couches membraniformes de cellules disposées de chaque côté de la corde dorsale, qui produisent les lames dorsales en s'épaississant, et qui sont séparées du reste de la masse embryonnaire par une scissure, mais dont les cellules ne diffèrent pas des autres cellules embryonnaires. Or, comme l'a vu Vogt, les lames dorsales existent longtemps avant qu'on aperçoive la moindre trace de la corde dorsale, et en conséquence ne peuvent point être séparées par cette dernière. De plus, la corde dorsale n'est point à jour dans le sillon, comme chez la grenouille; elle est, au contraire, recouverte d'une accumulation considérable de cellules, qui se séparent du fond du sillon. Il résulte de là que, dans le poisson, les lames dorsales étant adhérentes entre elles par une large base, il ne saurait être ici question ni d'un rudiment divisé, ni de moitiés primitives du système nerveux central. (*Note du trad.*)

(2) La figure 218 offre une coupe verticale pratiquée à travers la membrane proligère et ses deux couches. On voit en *a* le feuillet externe, en *a' a'* les lames dorsales, en *b* le canal du rachis, en *c* le feuillet interne, et en *d* le jaune.

Les parties du feuillet animal qui forment le tube supérieur (le rachis et ses muscles) ont été nommées *lames dorsales;* celles qui forment le tube inférieur, ou le plus grand, et qui contiennent le système organique, ont été appelées *lames ventrales* ou *viscérales* (1). Les lames viscérales forment, au tronc, un tout cohérent; mais, à la tête, elles prennent de très bonne heure la forme de languettes ou d'arcades, qui, partant de la capsule cérébrale, se dirigent vers le bas, où elles se réunissent. Il y a plusieurs de ces arcs, qui laissent entre eux des fentes sur le côté du cou. La cavité orale vient se loger entre l'arc le plus antérieur et la capsule cérébrale. Ces arcs et ces fentes, qu'on trouve dans les embryons de tous les animaux vertébrés, et dont on doit la découverte à Rathke, ont été appelés *arcs branchiaux* et *fentes branchiales;* Reichert les nomme *arcs viscéraux* et *fentes viscérales.*

Les principales formes du développement chez les poissons et les reptiles nus sont les suivantes :

1° Au plus bas degré se trouvent placés les reptiles nus; car, chez eux, la membrane proligère tout entière est employée à la formation de l'embryon. Quand les parties qui occupent l'axe se sont développées peu à peu, la portion céphalique et la portion caudale dépassent le reste de la vésicule constituée par la membrane proligère, et celle-ci est suspendue au côté ventral de la carène. Le feuillet externe de la vésicule tient aux régions latérales des portions constituant l'axe, ainsi qu'au côté ventral de la tête et de la queue; il en naît les parois animales du tronc, qui font corps avec les formations de l'axe. Le feuillet interne représente une vésicule, qui ne tient pas immédiatement aux formations centrales de la colonne rachidienne. Ce feuillet interne, qui contient la substance du jaune, est le premier rudiment de

Fig. 219.

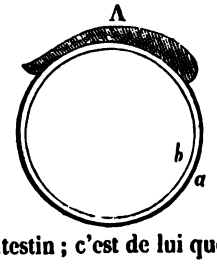
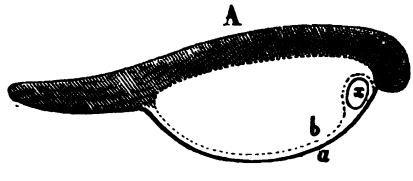


Fig. 220.



l'intestin; c'est de lui que naissent, non seulement les couches de ce dernier, mais encore sa forme et toutes ses annexes. Entouré par le feuillet externe, ou par les parois du tronc, il ne tarde pas à prendre une forme oblongue. En devant et en arrière, à la jonction des deux systèmes, se produisent la bouche et l'anus (2).

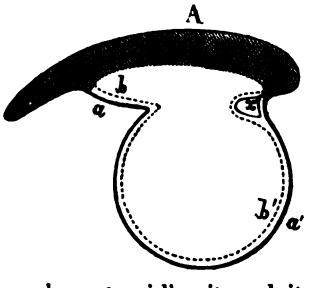
(1) Cependant Rathke a plus récemment (MUELLER's *Archiv*, 1839, p. 361; *Entwickelungsgeschichte der Natter*, p. 61) distingué, sous le nom de *membrana reuniens superior*, dans les embryons de diverses classes, la portion primitive des parois abdominales, qui constitue une membrane très mince. Il a appelé lames ventrales et lames dorsales les renflements latéraux de ces parois, qui apparaissent plus tard, et qui finissent par se réunir en haut et en bas; la *membrana reuniens* perd alors sa signification.

(2) Dans les figures 219 et 220, A*a* est la partie animale du fœtus et de la membrane proligère; A parties constituant l'axe, qui font corps avec les parois du tronc, ou lames ventrales; *a b* partie organique de l'animal, intestin; *x* cœur. La figure 219 passe à la figure 220 par les progrès du développement.

Cette description de la forme générale du développement chez quelques reptiles nus paraît ne pas être applicable à tous. Mes observations m'ont appris que, chez le crapaud accoucheur, le sac ventral est composé d'une partie animale et d'une partie organique, que le canal intestinal procède manifestement du feuillet interne, et qu'il s'y développe des circonvolutions dès avant que l'embryon ait quitté l'œuf. L'animal a aussi une circulation branchiale complète avant l'éclosion (1). Chez la grenouille, au contraire, il n'y a point de membrane proligère à double feuillet, et tout se produit successivement du jaune : suivant Reichert, l'intestin n'est même point encore séparé de la masse du jaune lorsque l'animal abandonne l'œuf. Ici la partie organique du corps se forme longtemps après le développement complet de la partie animale.

2° Aux reptiles nus se rattachent ceux d'entre les poissons chez lesquels le feuillet externe de la membrane proligère devient bien tout entier la paroi du corps, mais où le feuillet interne du sac, renfermé dans la cavité du corps, au lieu de servir entièrement à la formation de l'intestin, se partage, au moyen d'un étranglement, en intestin proprement dit et en un sac vitellin tenant à l'intestin. Cet étranglement forme ensuite un pédicule creux, qui établit la communication entre la cavité intestinale et le sac vitellin rempli par le jaune. Mais ce sac vitellin ne fait pas saillie hors du tronc, et il est renfermé, comme l'intestin, dans le feuillet externe de la membrane proligère, c'est-à-dire dans les parois du tronc; on peut l'appeler sac vitellin interne. Les choses se passent ainsi chez les cyprins, d'après les observations de Baer, chez la perche et les saumons, d'après celles de Rathke. Chez les cyprins, le sac vitellin interne existe encore à l'époque de l'éclosion; mais il est déjà devenu fort petit, et il finit par disparaître peu à peu. Le canal de communication entre le sac vitellin interne et l'intestin grêle peut être nommé *canal vitellin interne* (*ductus vitello-intestinalis internus*).

Fig. 221.



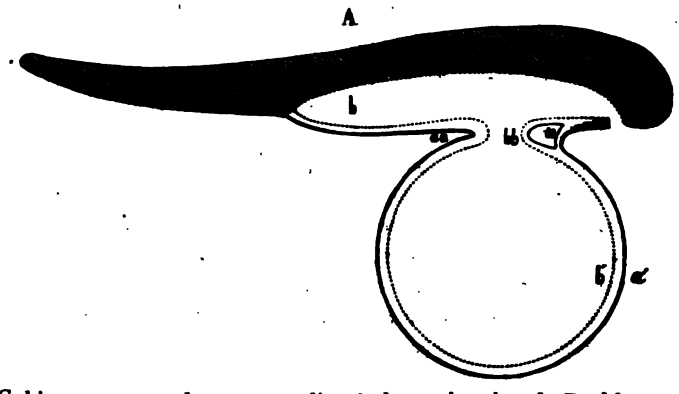
3° Viennent ensuite les poissons qui ont un sac vitellin externe. Chez eux, la portion du feuillet interne de la membrane proligère qui se sépare au moyen d'un étranglement reste placée au-devant des parois du corps, contenue dans un sac ventral qui est formé par la portion correspondante étranglée du feuillet externe de la membrane proligère (2). Dans ce cas, par conséquent, l'embryon se sépare tout entier de la vésicule proligère, avec la portion organique de son tronc, et cette vésicule reste pendante au dehors, pendant que l'étranglement qui l'avait produite se resserre peu. Le sac ventral pend à la partie la plus antérieure de la paroi du ventre, immédiatement au-dessous du cœur. Le feuillet externe de l'appendice

(1) Muellen, *De glandul. secern. struct. penitiori.* Lipsiæ, 1830, pl. X, fig. 6-9.

(2) Dans la figure 221, A*a* représente la portion animale de la membrane proligère; *a* la lame ventrale; *b* le prolongement du feuillet externe qui n'est pas employé à la formation des lames ventrales ou parois du tronc; *c* le feuillet interne de la membrane proligère, dans toute sa portion consacrée à produire l'intestin; *d* celle qui sert à former le sac vitellin de l'appendice; *x* le point situé entre la partie animale et la partie organique de la membrane proligère, où se développe le cœur.

porte le nom de *sac ombilical* ou de *sac ventral;* le point où il tient aux parois du tronc est l'ombilic ventral; le feuillet interne de l'appendice est le sac vitellin proprement dit; il en part le conduit vitellin interne, qui se dirige en dedans, et traverse l'ombilic ventral, pour se diriger vers l'intestin grêle; l'endroit où il traverse l'ombilic ventral peut être appelé ombilic intestinal (1). Le *Blennius viviparus* et le

Fig. 222.



Cottus Gobio se trouvent dans ce cas, d'après les recherches de Rathke. Sur le sac vitellin se répandent les vaisseaux omphalo-mésentériques, qui traversent l'ombilic ventral, avec le conduit vitello-intestinal. Le sac ombilical, avec le jaune qu'il contient, se rapetisse à mesure que le développement de l'embryon fait des progrès, et finit par être résorbé en totalité.

4° Les plagiostomes, squales et raies offrent encore une autre modification. A une certaine époque, le sac vitellin externe et les vaisseaux omphalo-mésentériques sont renfermés dans l'appendice ventral en forme de sac. Cet appendice tient communément au tronc par un long pédicule, le canal ombilical. Le conduit vitello-intestinal, logé dans ce pédicule, traverse l'ombilic ventral, et s'unit avec l'extrémité supérieure de l'intestin valvulaire, où s'épanche aussi la bile, ainsi que Stenon l'a observé le premier. Chez la plupart des squales et des raies, qu'ils se développent hors de l'utérus ou dans son intérieur, il y a une certaine époque du développement durant laquelle, indépendamment du sac vitellin externe, on en trouve aussi un interne dans la cavité abdominale. Aristote avait déjà vu le jaune interne; car il dit (2) en parlant des squales, que, quand on ouvre le fœtus, on découvre une nourriture qui ressemble à la substance de l'œuf, quoique l'œuf n'existe plus. En effet le conduit vitello-intestinal se renfle d'un côté en un grand cul-de-sac, occupant la plus grande partie de la cavité abdominale, et dont on peut déjà voir la figure dans Collins (3). Le sac ombilical et le sac vitellin externe

(1) Dans la figure 222, A représente la portion animale de la membrane proligère; *a a* feuillet externe de l'appendice, ou sac ventral; *a a* ombilic ventral; *b* prolongement du feuillet externe qui n'est pas employé à la formation des parois du tronc; *b'* feuillet interne de l'appendice, ou sac vitellin proprement dit, qui renferme le jaune; *b b* conduit vitello-intestinal; *x* point où se développe le cœur.

(2) *Histor. animal.*, 6, 10.

(3) *System of anatomy*, 1685, pl. 33.

se rapetissent peu à peu chez les embryons mûrs, et la résorption finit par les faire disparaître entièrement. Au reste, des embryons tout à fait à maturité offrent encore le sac vitellin interne réduit à de très faibles dimensions. Chez un petit nombre de squales, le conduit ombilical est garni de villosités dans toute sa longueur, ce que Cuvier a vu chez les *Carcharias* (1) et Leuckart chez les *Zygaena*. D'après mes observations, outre le sac vitellin externe, on en trouve un interne chez tous les squales et toutes les raies, tant ovipares que vivipares, à l'exception de ceux des squales (*Carcharias*), chez lesquels le sac vitellin externe se convertit en un placenta fœtal intimement uni avec le placenta utérin de la mère.

Exemple de la marche du développement pour la formation des principales parties dans l'œuf de grenouille.

Les détails qui précèdent donnent un aperçu sommaire des principales différences typiques qui ont lieu dans le développement des poissons et des reptiles nus. Un manuel tel que celui-ci ne comporterait pas une description complète de la marche que le développement suit dans chaque catégorie. Je dois donc me borner, pour la faire comprendre, à la citation d'un seul exemple. Or aucun travail ne peut mieux atteindre ce but que celui de Reichert, d'un côté, parce que, malgré tout leur mérite, les recherches faites antérieurement sur le développement des poissons et des reptiles nus avaient été entreprises avant la découverte de la structure celluleuse de l'embryon; d'un autre côté, parce que la grenouille est peut-être, de tous les animaux compris dans cette section, celui qu'il convient le mieux de choisir à titre d'exemple, attendu que son développement offre la plupart des particularités exceptionnelles, et qu'en conséquence il est des plus intéressants pour faire bien connaître ce qu'il y a d'essentiel dans cette grande opération de la nature. Au reste, je ne dois pas non plus omettre de dire que, d'après les recherches de Reichert, le développement, même chez les oiseaux, ne s'accomplit pas, aux dépens de lamelle de la membrane proligère, d'une manière aussi simple qu'on l'avait admis jusqu'alors. Reichert commence par faire remarquer (2) que, quand on étudie les métamorphoses par lesquelles l'embryon de grenouille passe pendant son développement, il faut faire abstraction de toutes les idées qu'on avait pu se former d'après l'histoire du développement d'autres animaux, qu'il ne faut pas chercher ici une membrane proligère, un feuillet séreux, un feuillet vasculaire, un feuillet muqueux, dans le sens qui a été communément attaché jusqu'ici à ces diverses dénominations.

Le premier rudiment de l'embryon se forme sur la saillie que j'ai décrite précédemment, et qui correspond au *cumulus*, au noyau de la cicatricule, dans l'œuf d'oiseau. On ne trouve pas, dans l'œuf de grenouille, le disque proligère étendu sur le *cumulus*, d'où la membrane proligère se forme chez les oiseaux. Une remarque générale à faire, c'est que, partout où il s'agit de naissance d'un système ou d'un organe embryonnaire provenant du jaune, les petites cellules vitellines prédisposées, qui ne se produisent d'abord que dans le *cumulus*, mais qui plus tard

(1) C'est plutôt le *Scoliodon*, sous-genre du *Carcharias*; car, dans les *Carcharias* à dents en scie (*Prionodon*), le canal ombilical est sans villosités et tout à fait lisse.

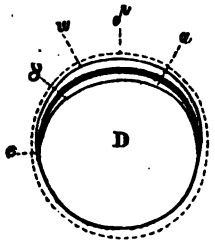
(2) *Das Entwickelungsleben in Wirbelthierreich*, p. 8.

s'étalent en couches sur la périphérie entière du jaune, ne manquent jamais de se réunir immédiatement pour constituer les rudiments qu'on commence à apercevoir. En conséquence, les cellules des parties embryonnaires de nouvelle formation sont originairement les mêmes que celles qu'on rencontre en premier lieu dans le *cumulus*, et qui forment ensuite une couche entourant le jaune de toutes parts. D'après l'organisation du jaune, qui ne présente jamais qu'à sa surface les petites cellules prédisposées pour le développement de l'embryon, on voit qu'il doit être consommé peu à peu, et pour ainsi dire couche par couche.

Parmi les parties embryonnaires qui procèdent du jaune, la première à paraître est la portion centrale du système nerveux de la vie animale, et la dernière est le représentant de la vie végétative ou organique (membrane muqueuse de l'intestin).

Membrane enveloppante pour le jaune qui se développe en embryon. Les développements du jaune commencent par la formation d'une membrane enveloppante, sous l'abri et avec le concours de laquelle se produisent les premiers linéaments de l'embryon, et celui-ci accomplit toutes les phases de son évolution (1). A cette fin, il s'isole, sur le *cumulus*, une couche simple de cellules, ayant la même étendue que lui, et qui, chez la grenouille, ne tarde pas à paraître presque entièrement colorée par un dépôt de pigment noirâtre au dedans des cellules. Cette couche s'étend rapidement du *cumulus* sur le reste de la surface du jaune, qu'elle enveloppe tout entier avant qu'on aperçoive encore aucun vestige de l'embryon. Ses progrès sont accompagnés d'une continuelle formation de petites cellules vitellines destinées à l'agrandir. Par conséquent, lorsqu'elle est parachevée, le jaune se trouve couvert d'une enveloppe complète de petites cellules prédisposées pour le développement immédiat de l'embryon, et qui seulement sont accumulées en plus grand nombre dans le *cumulus*. Dès que cette membrane a paru, il ne reste plus aucun vestige de la membrane vitelline.

Fig. 223.



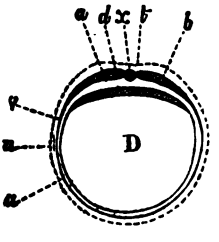
Rudiment du système animal. Le développement du jaune en embryon commence aussitôt après l'achèvement de la membrane enveloppante, et le rudiment du système animal apparaît le premier. Ce qui se produit d'abord est la corde dorsale, ayant à ses côtés les premiers linéaments des parties centrales du système nerveux. Ces parties se prononcent déjà même à l'extérieur, dans l'endroit où le premier rudiment de la membrane enveloppante a paru, c'est-à-dire au-dessus du *cumulus*, et leur présence est annoncée là par la coloration un peu plus claire de cette membrane sur une surface presque ovale, qui occupe à peu près le tiers de la superficie du jaune, et qui est un peu plus large à l'extrémité antérieure ou céphalique. Le milieu de cette surface ovale est parcouru, dans le sens de la longueur, par une gouttière étroite et très peu profonde. La gouttière correspond au trajet qui suit la corde dorsale, et les surfaces situées des deux côtés sont les

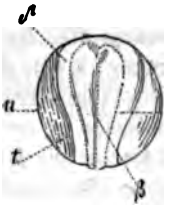
(1) La figure 223 représente, d'après Reichert, la coupe d'un œuf de grenouille dans lequel la membrane enveloppante entoure environ la moitié de la sphère vitelline : D jaune, δ membrane vitelline, *u* membrane enveloppante, *e* limite extrême de cette membrane, *a* saillie germinative, se continuant avec la couche corticale du jaune, γ ligne qui la sépare du centre du jaune.

rudiments des parties centrales du système nerveux (1). Sur une coupe transversale (2), les deux formations apparaissent comme une nouvelle couche du *cumulus* qui s'est isolée et appliquée d'une manière intime à la membrane enveloppante. Une fente la sépare des autres cellules du *cumulus*, et celles-ci elles-mêmes se sont séparées par un vide de la masse centrale du jaune, tandis que, vers la périphérie, elles continuent de faire immédiatement suite aux autres cellules vitellines.

Les cellules des formations existantes sont, à cette époque, les mêmes partout. Elles appartiennent à la catégorie des petites cellules vitellines prédisposées au développement de l'embryon. Dans la membrane enveloppante et dans les divers rudiments (où l'on n'aperçoit encore qu'une tendance à la formation d'une simple membrane), elles se touchent les unes les autres, ce qui les rend polyédriques : elles sont rangées avec moins de régularité dans le rudiment du système nerveux central et dans la corde dorsale. Les parties centrales du système nerveux consistent donc primairement en deux couches membraniformes distinctes de cellules du *cumulus*, qui sont étalées des deux côtés de la corde. Pendant le cours du développement, elles augmentent d'épaisseur, et se rapprochent de plus en plus l'une de l'autre, sur la ligne médiane de l'embryon. De là résulte que, sur chaque côté de la colonne vertébrale, le rudiment membraniforme devient un renflement

Fig. 224. Fig. 225. Fig. 226.





qui s'élève peu à peu, et qui limite, comme une sorte de retranchement, la partie moyenne, le long de laquelle règne un enfoncement (3). C'est à tort qu'on a regardé ces renflements comme le rudiment du système vertébral, et qu'on leur a donné, en conséquence, le nom de lames dorsales, réservant celui de sillon dorsal pour le creux qui existe entre eux. Ce creux est plus large du côté de l'extrémité céphalique qu'en arrière, attendu que les deux moitiés des parties centrales du système nerveux s'écartent davantage l'une de l'autre, à partir du point où se dé-

(1) La figurere 224 présente, d'après Reichert, un œuf de grenouille dégagé de ses enveloppes, dont la membrane enveloppante a entièrement entouré le jaune. L'ombre du pourtour désigne le contour de cette membrane, celle du milieu la gouttière primitive, et l'ovale blanc les deux moitiés primitives du système nerveux central.

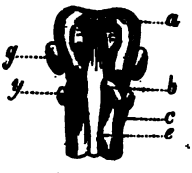
(2) La figure 225 représente, d'après le même, la coupe d'un œuf de grenouille dans lequel les moitiés primaires du système nerveux central et la corde dorsale sont déposées : D $\alpha\ \gamma\ \delta$, comme dans la figure 223, *d* couche corticale jaune, *b* vide du jaune au-dessous de la saillie germinative, *a* moitié primaire du système nerveux central, x corde dorsale, *t* gouttière primitive.

(3) La figure 226 représente un œuf de grenouille dans lequel les bords externes des moitiés primitives du système nerveux central (*a*) commencent à s'élever pour s'unir ensemble. La membrane enveloppante (*a*) n'est pas séparée : δ région des moitiés primitives du système nerveux central qui correspond au cerveau ; *t* celle qui est destinée à la moelle épinière ; β gouttière primitive encore visible.

veloppe le cerveau, afin de se réunir ensuite par-devant, sous la forme d'arcade, en décrivant une inflexion qui reporte leur sommet vers la ligne médiane. Elles se continuent aussi l'une avec l'autre en arrière, mais moins immédiatement, car on aperçoit, dans le sillon dorsal, qui passe au-dessus de la corde dorsale, une membrane très mince qui les unit ensemble (1).

Fig. 227.

Fig. 228.



Au moment où commence le développement du système nerveux central, on ne peut pas distinguer l'un de l'autre le cerveau et la moelle épinière. A l'époque où nous sommes arrivés, l'élargissement du sillon dorsal indique déjà ces deux grandes divisions du centre nerveux : on peut même très distinctement reconnaître, dans chaque moitié primitive, les trois parties principales du cerveau (2). Les parties cérébrales les plus antérieures sont les plus volumineuses ; limitées en arrière par un sillon bien prononcé, elles correspondent aux hémisphères du cerveau de la grenouille. Celles qui viennent après sont les plus petites ; moins nettement bornées en arrière, elles embrassent la région des tubercules quadrijumeaux. Les dernières, qui représentent le cervelet et la moelle allongée, se continuent insensiblement avec les moitiés correspondantes de la moelle épinière. On trouve, en outre, sur le côté de chaque moitié du cerveau, deux masses de cellules isolées et placées l'une derrière l'autre ; elles ont une forme ovale, et tiennent encore fort intimement au cerveau, surtout les postérieures. Les antérieures, plus grosses, sont placées sur le côté de la partie la plus antérieure du cerveau, un peu en arrière ; elles représentent les yeux. Les postérieures occupent la région du sillon qui sépare la partie moyenne du cerveau de la postérieure, et correspondent aux rudiments du labyrinthe. L'œil et le labyrinthe sont donc de très bonne heure des formations accessoires isolées des moitiés primordiales du cerveau lui-même. La formation des parties du cerveau et l'isolement des rudiments de l'œil et de l'oreille ont lieu simultanément, et s'accomplissent de bien meilleure heure chez les grenouilles et chez les tritons que chez le poulet, où l'on n'en observe aucune trace avant la réunion des moitiés primaires du système nerveux central.

Dans le sillon dorsal, compris entre les moitiés centrales du système nerveux, court la corde dorsale, qu'il est très facile de reconnaître maintenant, et qu'on

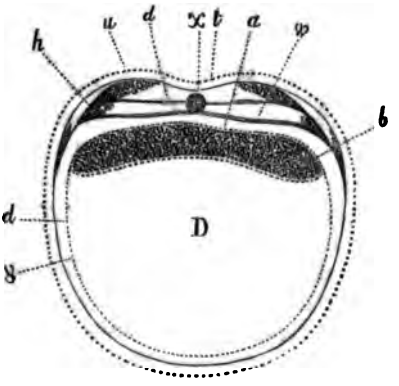
(1) La figure 227 représente un embryon de grenouille débarrassé de la membrane enveloppante, et déjà de forme ronde allongée. Les moitiés primitives du système nerveux central, à découvert, sont sensiblement rapprochées l'une de l'autre par l'élévation de leur bord externe : δ région du système nerveux central qui correspond au cerveau ; t celle qui devient la moelle épinière ; γ membrane unissante des deux moitiés primitives du système nerveux central ; e sillon dorsal, qui a rendu la gouttière primitive non apparente ; c côté ventral de l'embryon.

(2) La figure 228 représente le cerveau d'un embryon de grenouille par la face inférieure : a premier segment du cerveau, b le second, c le troisième, g rudiment du nerf optique, γ rudiment du nerf acoustique, e membrane unissante inférieure des deux moitiés primitives du système nerveux central.

peut mettre à nu dans presque toute sa longueur. Elle semble s'être enfoncée un peu plus pendant que les moitiés primaires du système nerveux central tendaient à se réunir au-dessus d'elles, et elle repose sur les cellules du *cumulus*. En avant et en arrière, ses extrémités se continuent d'une manière tellement insensible avec le point de réunion des moitiés centrales du système nerveux, qu'on ne saurait distinguer aucune limite. Ordinairement sa situation est très marquée à la face inférieure du système nerveux central.

Indépendamment des parties qui viennent d'être énumérées, il s'est, vers cette époque, isolé des cellules du *cumulus* un nouveau rudiment de l'embryon, qui est le système rachidien proprement dit. Ce rudiment est d'abord composé, comme les parties centrales du système nerveux, de deux couches membraniformes du *cumulus*, qui, des deux côtés de la corde dorsale, occupent le lieu que les moitiés primitives du système nerveux ont abandonné, dans leur tendance à se réunir ensemble; elles se trouvent donc au-dessous des parties précédemment nommées lames dorsales, s'étendent dans le sens de la longueur, tout autant que celles-ci le faisaient, et se confondent l'une avec l'autre, tant en avant qu'en arrière. Elles sont alors si complétement couvertes par les moitiés primitives du système nerveux, qu'on n'en aperçoit aucun vestige à l'extérieur: pour les découvrir, il faut pratiquer une coupe transversale, ou enlever le système nerveux central. On ne distingue encore aucune trace de vertèbres proprement dites (1).

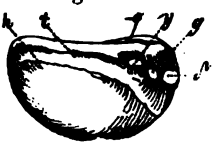
Fig. 229.



L'embryon, avec le jaune, affecte déjà une forme arrondie oblongue, et les parties que j'ai indiquées, la corde dorsale, le système nerveux central et les plaques primaires du système vertébral, qui occupent presque la moitié de la surface entière, sont par conséquent recourbées aux deux extrémités, surtout en devant.

Vers l'époque actuelle commence aussi le développement d'un système qui, après avoir subi diverses métamorphoses successives, finit par rester, comme peau de l'animal (2). On doit donc l'appeler système cutané, quoiqu'il ait à jouer, pendant les phénomènes de plasticité qui vont encore s'opérer, un rôle différent et peut-être plus impor-

Fig. 230.



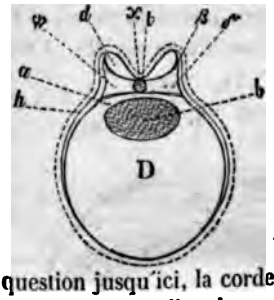
(1) La figure 229 représente la coupe d'un embryon de grenouille chez lequel existe le rudiment du système animal entier. Les moitiés primaires du système nerveux central commencent à s'élever et à se contracter : D *d u b y u a x*, comme dans la figure précédente ; *t* sillon dorsal produit par le soulèvement des moitiés primaires du système nerveux central ; *w* les lames primaires du système rachidien, séparées de la saillie germinative ; x la corde dorsale est entrée en relation plus intime avec les lames primaires du système rachidien, pendant que les moitiés primaires du système nerveux central s'élevaient au-dessus d'elle ; *h* lames primaires du système cutané, en train de se développer vers le haut et vers le bas.

(2) La figure 230 représente le même embryon, vu de côté. La membrane enveloppante est

tant. Sa place est occupée actuellement par la membrane enveloppante, après l'oblitération seulement de laquelle il arrive à en remplir les fonctions par rapport à l'animal développé. L'endroit où il est actuellement le plus reconnaissable, au-dessous de cette membrane, est celui où les parties centrales du système nerveux touchent la masse vitelline de leur bord externe. Là on peut, avec quelque peine, détacher la membrane enveloppante, et, surtout à l'extrémité céphalique, mettre en évidence une couche membraniforme de cellules, qu'on parvient à suivre dans une petite étendue, tant en haut, sur la face externe des parties centrales du système nerveux, qu'en bas, sur le jaune, et qui est composée de cellules polyédriques, comme il arrive à toute masse de cellules faisant fonction de membrane.

Le développement du système cutané part donc du *cumulus*, là où celui-ci se continue, au bord externe, avec le reste des cellules vitellines. Son agrandissement se fait en haut avec l'assistance du *cumulus*, en bas par l'isolement de la couche superficielle des cellules constituant le reste du jaune. A l'époque actuelle, il représente donc deux rudiments de membranes, qui se touchent bien en avant et en arrière, mais qui, dans le sens de la hauteur, ont encore à franchir un large intervalle, tant en haut que surtout en bas, avant de pouvoir se réunir ensemble. Il faut donc admettre que le système cutané naît par deux moitiés paires, comme toutes les autres formations de l'embryon dont il a été question jusqu'ici, la corde dorsale exceptée (1).

Fig. 231.



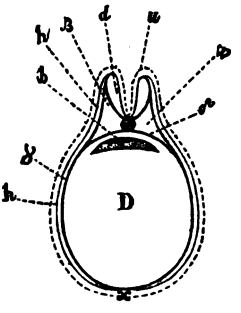
Pendant que l'ovule se rapproche de plus en plus de la forme oblongue, les moitiés primitives du système nerveux central continuent toujours de s'approcher l'une de l'autre, et, arrivant enfin à se toucher presque, elles forment, sur le jaune, une élévation, une sorte de crête, qu'on regardait autrefois comme le rudiment du rachis. Cependant le système qui sert à la formation du rachis se trouve au-dessous de cette crête. Mais, à mesure que les moitiés primitives du système nerveux se rapprochent, les lames primordiales du système vertébral, augmentant de masse, se portent à l'extérieur. Elles atteignent ainsi le système cutané, sous la protection et avec le concours duquel elles commencent, pour former les deux tubes du système vertébral, à développer les lames dorsales et les lames viscérales. En conséquence on aperçoit d'abord, en bas, le bord externe des lames primitives du système vertébral, à la face externe du système nerveux central. Ce bord s'agrandit de chaque côté vers le haut et vers le bas, devenant ainsi, dans le premier sens la lame dorsale, et dans l'autre sens la lame viscérale, qui tendent à

enlevée, et le jaune libre ; sur lui se trouvent les lames primaires, ici non visibles, du système vertébral, et par-dessus les moitiés primaires du système nerveux central, latéralement couvertes par le système cutané. *h* rudiment gauche du système cutané : à l'extrémité céphalique, c'est vers le bas que son accroissement a fait le plus de progrès ; *δ* et *t* régions droites du cerveau et de la moelle épinière ; *e* sillon dorsal ; *g* éminence arrondie, rudiment du nerf optique ; *y* autre plus petite, rudiment du nerf acoustique.

(1) La figure 231 représente la coupe d'un embryon chez lequel les lames dorsales et viscérales sont sorties des lames primaires du système vertébral : D *b a w a x t h*, comme dans la figure précédente ; *β* lame dorsale, *δ* lame viscérale, *a* reste du cumulus prolifère.

entourer, la première, les parties centrales du système nerveux, et la seconde, la masse vitelline, pour former de cette manière le tube vertébral supérieur et le tube vertébral inférieur (1).

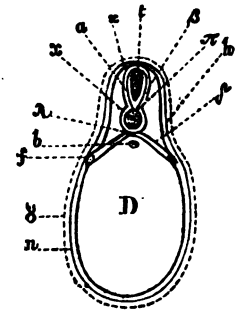
Fig. 232.



Le système vertébral comprend donc présentement : 1° une partie moyenne, située au-dessous du système nerveux central, et partagée par la corde dorsale en deux moitiés distinctes, les deux lames primitives; 2° de chaque côté, deux parties latérales, les lames dorsales et les lames viscérales, qui partent immédiatement de la partie moyenne, comme le feraient deux jambages. Au commencement de cette métamorphose, on n'aperçoit encore aucune trace de scission ou d'individualisation dans ce système. Mais, de très bonne heure, et avant même qu'on en distingue le moindre vestige dans les développements externes du système vertébral, on découvre, après avoir enlevé le système nerveux central, les premiers indices de séparation en vertèbres, et cela d'abord dans les lames primitives.

A l'époque où nous sommes arrivés, les moitiés primitives du système nerveux central se soudent ensemble par leurs bords supérieurs et externes; les bords inférieurs et internes s'étaient déjà réunis auparavant. Le sillon dorsal, avec la membrane enveloppante qui le tapisse, se trouve par là converti en un canal. En conséquence, aussitôt après la réunion de leurs moitiés primitives, les parties centrales du système nerveux forment un tube, qui devient plus large du côté de l'extrémité cérébrale (où il reste un ventricule, débris de cette formation première), dont l'intérieur renferme les débris clos de la membrane enveloppante noire, dont enfin les parois latérales, plus épaisses que les commissures supérieure et inférieure, correspondent aux moitiés primitives proprement dites. L'extrémité postérieure se perd dans l'extrémité caudale, qui commence à se développer; l'antérieure, qui s'applique d'une manière très intime à la membrane unissante inférieure des parties antérieures du cerveau, n'a déjà plus autant de consistance que par le passé (2).

Fig. 233.



(1) La figure 232 représente la coupe d'un embryon un peu plus âgé, dont les moitiés primaires du système nerveux se sont déjà rapprochées beaucoup. Le vide au-dessous du *cumulus* a beaucoup diminué : D *u a w h β δ b*, comme dans la figure précédente; *γ* fente qui sépare le jaune du système cutané; *x* petit point où le système cutané n'a pas encore entouré le jaune.

(2) La figure 233 représente la coupe d'un embryon qui vient de quitter les membranes de l'œuf. Les lettres s'accordent en général avec celles de la figure précédente : *t* sillon dorsal, clos pour produire le tube du système nerveux central; *x membrana reuniens superior* du système cutané; *n membrana reuniens inferior; b* vide du jaune à peine encore indiqué; *π* endroit où la corde dorsale se trouve placée, à la face inférieure du système nerveux central, et où les lames primaires du système vertébral se réunissent bientôt aussi, au-dessus de la corde dorsale : actuellement, celle-ci se trouve, avec le système nerveux central, dans le tube vertébral supérieur; *χ* réunion des lames primaires du système vertébral, qui s'est déjà effectuée au-dessous de la corde; *f* coupe du conduit excréteur des corps de Wolff.

Le système rachidien et le système cutané sont actuellement aussi avancés l'un que l'autre dans leur développement. Le système cutané a peu à peu entouré complétement, au-dessous de la membrane enveloppante, et le jaune et les rudiments de l'embryon. Tant que les tubes vertébraux sont encore ouverts, il les complète, ce qui l'a fait appeler par Rathke, *membrana reuniens superior* là où il unit ensemble les lames dorsales, et *membrana reuniens inferior* là où il opère la jonction des lames viscérales.

De tous les embryons d'animaux vertébrés, aucun n'abandonne plus tôt les enveloppes de l'œuf que celui de grenouille, qui les quitte dès que les linéaments essentiels du système animal ont paru. Les moitiés primitives du système nerveux central se sont réunies, les tubes vertébraux sont déjà presque entièrement formés, en haut par les lames dorsales au tronc, en bas par les lames viscérales à la tête, et dans les autres régions ils sont complétés par les membranes unissantes. La queue est déjà bien visible ; le système animal s'est donc en quelque sorte dégagé presque complétement du jaune : une seule partie conserve encore sa courbure primordiale, c'est la plus antérieure, celle de laquelle doit se développer la face. L'œil est apparent; on distingue aussi le labyrinthe et le rudiment de l'organe olfactif. Le tout est entouré d'abord par le système cutané, qui joue un rôle si important pendant la première formation, et tout à fait à l'extérieur par la membrane enveloppante. Le système cutané a produit deux suçoirs au premier arc viscéral, pour servir d'appui à l'animal.

Système nourricier pour la vie commune des cellules dans l'embryon. Système sanguin (1). Les systèmes et organes qui doivent servir à la nutrition commune des cellules agrégées en embryon, ne commencent à se développer qu'après que le système animal et partant la configuration extérieure de l'embryon se sont produits, quant à leurs parties essentielles, et que l'animal a quitté l'œuf.

Jusqu'alors l'embryon n'avait point eu besoin du monde extérieur. Chaque cellule renferme en elle des matériaux de nutrition, qui sont les petits globules des cellules vitellines dont j'ai parlé plus haut. C'est aux dépens de ce contenu que s'accomplissent l'accroissement et l'ampliation des rudiments une fois produits de l'embryon. Les petits globules vont en diminuant, de manière que l'on peut apercevoir et la membrane pariétale de la cellule et le noyau, que leurs débris entourent en manière de couronne; ou bien on voit le noyau disparaître, et l'accroissement être accompagné de la formation d'une génération nouvelle. Il n'arrive point encore de matière alimentaire aux cellules. Ceci semble un paradoxe, puisque l'embryon augmente manifestement de volume. Mais son accroissement dépend en général d'une formation de vides, tels que celui qui apparaît de bonne heure au-dessous du *cumulus*. D'ailleurs l'embryon, durant les premiers temps, devient de plus en plus étroit à mesure qu'il acquiert de la longueur. Quant aux systèmes en particulier, dont il est quelques uns qui cessent de très bonne heure d'avoir aucun contact avec le jaune, on peut expliquer comment leur volume croît sans que leur masse change, par cette circonstance que tous, à l'état rudimentaire, ont, dans un sens quelconque, des dimensions supérieures à celles qu'ils présen-

(1) *Cons.* Prevost et Lebert, *Mémoire sur la formation des organes de la circulation et du sang dans les batraciens*, dans *Ann. des sc. nat.*, 1844, t. I, p. 193.

nt plus tard dans le même sens. Ainsi la membrane enveloppante et le système
ıtané sont d'abord plus épais, et ils s'amincissent en devenant plus larges; la
ɔrde dorsale a d'abord une épaisseur absolue plus considérable, et elle devient à la
is plus longue et plus mince; les moitiés primitives du système nerveux central
: du système vertébral figurent d'abord de larges et épaisses membranes, qui se
esserrent à mesure que l'embryon s'allonge.

Dans l'origine, le jaune remplissait, sans laisser aucun vide, et la membrane
itelline et la membrane enveloppante de l'embryon. Plus tard, quand le système
erveux central est venu à s'isoler, le *cumulus* s'est séparé du centre du jaune; il
st résulté de là un intervalle, qui a grandi sans cesse pendant le développement
u système animal, qui s'est étendu au-dessous du *cumulus* tout entier, et qui par
onséquent a pris, en longueur, des dimensions égales à celles des rudiments de
embryon lui-même. Ce vide persiste pendant la formation du système animal. Les
ellules du *cumulus* qui le couvrent par le haut sont alors consommées, à cela près
l'une couche fort mince. Le vide diminue ensuite rapidement au tronc, et la
ince couche de cellules du *cumulus* arrive à se trouver placée immédiatement
ur la masse centrale du jaune. La portion de ce dernier qui correspond au tronc
st alors entourée d'une simple couche de cellules, constituant une sorte d'écorce
omogène. Du côté de la tête, au contraire, le vide s'agrandit (parce que le jaune
e retire vers la cavité abdominale), et devient la cavité buccale. La couche de
ellules qui est restée sur le *cumulus* se trouve alors placée à la face inférieure de
ı base du crâne, et elle s'est étendue aussi sur la face interne des arcs viscéraux,
ù le reste de la masse du jaune n'existe plus. Mais, dans la région qui correspond
la troisième vertèbre crânienne, et où aurait dû se développer le troisième arc
iscéral, il y a encore une petite quantité de jaune, formant en quelque sorte une
illie de la masse principale contenue dans la cavité abdominale. Cette portion
ntoure latéralement et inférieurement le vide du jaune qui se convertit en cavité
uccale, de manière que les parois diminuent peu à peu d'épaisseur depuis le
econd arc viscéral jusqu'à l'ouverture du pharynx, ou au point de transition dans
ı masse principale du jaune. C'est ainsi que la partie la plus postérieure du vide
u jaune, qui est destinée à la cavité buccale, devient de plus en plus étroite en
rière, jusqu'à ce qu'enfin elle rencontre le jaune de l'abdomen, à l'endroit où
ait être ultérieurement située l'ouverture du pharynx. Voici quels sont les actes
e plasticité qu'on observe ici.

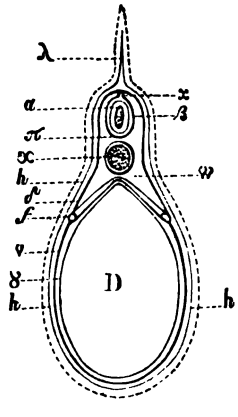
La couche de cellules la plus antérieure, celle qui regarde le vide, se met en
ɔmmunication, sur des arcs viscéraux et à la base du crâne, avec la membrane
ui reste du *cumulus*, et forme avec elle un revêtement membraneux complet de
cavité buccale. Au-dessous d'elle, entre l'extrémité du second arc viscéral et le
ɔmmencement des lames viscérales du tronc, se développe une membrane, qui se
unit sur les côtés avec le système cutané, devient support d'arcs branchiaux, et
ɔmplète la cavité viscérale de la tête, laissant toutefois, de chaque côté, une fente,
ctuellement couverte par le système cutané, dans laquelle se développe le système
ranchial.

Mais la plus grande partie des cellules vitellines que nous avons décrites comme
roéminence de la masse principale du jaune, est employée à la formation de la
ɔrtie centrale du système vasculaire: le cœur se développe de sa partie médiane

et inférieure, les arcs aortiques naissent sur les côtés. Les rudiments sont d'abord des masses solides : plus tard on aperçoit des tubes, et, dans leur intérieur, des cellules sanguines, tout à fait différentes de celles qu'on trouvera plus tard, car elles sont complétement rondes; on y remarque un noyau et des nucléoles, avec un contenu finement granulé. Il se produit aussi une cavité cardiaque, séparée de la cavité abdominale, et revêtue d'une espèce d'épithélium (péricarde). Avec les arcs aortiques se forment trois branchies, qui sont placées dans la seconde ci-devant fente viscérale ou branchiale. Les branchies externes proviennent aussi de la matière plastique qui donne naissance aux arcs branchiaux : comme ceux-ci, elles naissent, avec la peau, de la formation primaire qui a été désignée précédemment sous le nom de système cutané.

Tandis qu'en devant le cœur est mis en rapport avec les branchies par les arcs aortiques, son extrémité postérieure, divisée en deux branches, se ramifie immédiatement dans la partie la plus antérieure du jaune que contient la cavité abdominale. On ne tarde pas à voir cette dernière partie s'isoler du reste de la masse, et devenir indépendante. Ces deux organes naissent donc ensemble, et immédiatement du jaune lui-même, à une époque où, chez la grenouille, aucune trace du système intestinal n'existe encore dans la cavité abdominale. Nulle part, la production de nouvelles générations de cellules dans les cellules mères n'est aussi évidente qu'ici. Cette vie active de cellules se rattache vraisemblablement à la formation du sang; car la grenouille n'offre point les phénomènes qui, chez d'autres animaux, s'accomplissent dans l'*area vasculosa* de la membrane germinative.

Fig. 234.



Une réunion immédiate des cellules vitellines, dans la cavité abdominale, produit non seulement les rudiments du foie et du pancréas, mais encore les corps de Wolff, à l'endroit que j'ai indiqué le premier, tout auprès de l'appareil branchial, et les conduits excréteurs marchent le long du bord inférieur de la cavité viscérale du tronc pour aller gagner l'ouverture anale éphémère formée par le système cutané.

Progrès du développement du système animal. L'embryon de grenouille acquiert d'abord une forme analogue à celle des poissons. Le système cutané développe les nageoires et aussi les deux plaques cornées qui sont les seuls organes masticateurs du têtard (1). Au reste, il est déjà devenu une simple enveloppe protectrice du système rachidien, ou des parois animales du tronc. Ce n'est plus

(1) La figure 234 représente la coupe d'un embryon chez lequel le sac intestinal s'est déjà formé dans la cavité abdominale. Les désignations sont les mêmes que dans la figure précédente : λ la nageoire, qui s'est développée du système cutané dans la *membrana reuniens superior*; *x* endroit où les lames dorsales sont en train de se réunir; π réunion des lames primaires du système vertébral, au-dessus de la corde dorsale; χ la corde dorsale elle-même est maintenant séparée du système nerveux central dans un tube formé par la réunion des lames primaires du système vertébral à leurs bords interne supérieur et interne inférieur. La masse dont elle se compose ne peut plus être séparée en gaine et contenue; *r* sac intestinal, qui s'est développé du jaune dans la cavité abdominale; λ limite du jaune; *u* membrane enveloppante.

qu'au tronc qu'il fonctionne encore comme *membrana reuniens inferior*, et il forme l'ouverture anale éphémère. Le système nerveux central, dont les parois s'épaississent et s'unissent d'une manière plus intime, perd par cela même de plus en plus la forme tubuleuse, et les débris de membrane enveloppante noire qui se trouvaient dans l'intérieur du canal ne tardent pas à disparaître. Le système nerveux périphérique devient visible.

Rudiment du système intestinal. Chez la grenouille, le développement de l'intestin commence après la formation du système animal, et après que le système sanguin a paru pour l'accomplissement de la vie commune des cellules. Les matériaux nutritifs se trouvaient d'abord dans le contenu globuleux des cellules elles-mêmes ; plus tard, ils ont été conduits au système sanguin par le rudiment du foie et du pancréas. Il n'y avait point encore besoin de digestion. A cette époque, le têtard, considéré d'une manière superficielle, semble complet. Il vit avec des branchies externes, et se meut avec vivacité, mais il ne prend point encore d'aliments. Le système intestinal, destiné à recevoir les aliments venus du dehors, se forme de la manière suivante.

Le résidu du jaune occupe actuellement la grande portion postérieure de la cavité viscérale du tronc, de manière qu'il commence en devant et en haut à l'ouverture du pharynx, et qu'il remplit complétement tout le reste de l'espace, sauf celui qu'occupe le rudiment du foie et du pancréas, avec les corps de Wolff. Par conséquent, il a pour limites, en devant, vers l'ouverture du pharynx, la membrane qui revêt la cavité buccale et le rudiment du foie et du pancréas, en bas et latéralement le système cutané (*membrana reuniens inferior*), enfin en haut la colonne vertébrale, les lames viscérales et les corps de Wolff. Dans le reste de son étendue, il est parfaitement libre ; aucune membrane particulière ne le retient. Ses cellules renferment déjà partout une nouvelle génération, qui s'est rangée tout autour de la surface, pour se mettre à la disposition des futurs développements. Chez la grenouille et les tritons, et vraisemblablement aussi chez tous les animaux vertébrés inférieurs, où le jaune se consume couche par couche pendant le développement de l'embryon, il se produit d'abord un canal de l'intestin, qui manque encore de membrane muqueuse, dont la formation est le dernier acte de plasticité du jaune.

La membrane primordiale de l'intestin se développe du jaune comme il suit. La couche la plus rapprochée de la surface se réunit, de chaque côté, en un rudiment membraneux. Celui-ci représente alors une couverture en forme de toit de la masse vitelline, et s'attache par son bord supérieur le long de la colonne vertébrale, de laquelle pendent par conséquent deux plaques membraneuses, auxquelles Baer donne, chez le poulet, le nom de lames intestinales. Ces deux rudiments de la membrane intestinale ne tardent pas à s'unir ensemble par le bas, et à envelopper ainsi le jaune entier. La membrane intestinale forme alors un sac ovale et aplati dans la cavité viscérale du tronc. Le sac s'ouvre en arrière par l'anus cutané éphémère et en même temps par les conduits excréteurs des corps de Wolff. En devant, il atteint l'ouverture du pharynx, et s'unit immédiatement avec la membrane qui tapisse la cavité viscérale de la tête, de sorte qu'on doit considérer cette membrane comme la portion céphalique de la membrane intestinale, qui se produit avant toutes les autres. Dans l'origine, ce sont les cellules vitellines simples qui forment la membrane intestinale : il se développe ensuite de nouvelles générations

dans leur intérieur, et, quand la forme de l'intestin du têtard est déjà devenue assez facile à reconnaître, les cellules de la membrane sont employées à deux destinations différentes : d'abord, elles forment une tunique musculeuse dans la portion ventrale de l'intestin, et se convertissent en faisceaux musculaires primitifs, la plupart transverses; ensuite elles forment les glandes dont les produits sécrétoires opèrent la digestion des aliments. Un réseau très serré de vaisseaux sanguins se développe en outre dans la membrane intestinale, et les globules du sang offrent un contenu finement grenu au voisinage du noyau ou dans toute leur étendue.

Vers l'époque où l'intestin représente déjà un petit utricule contourné en limaçon; le reste du jaune se trouve renfermé dans son intérieur, et forme sur les parois une couche peu dense, mais assez épaisse, de manière à laisser une petite cavité au centre. Cette couche n'est guère composée que de petites cellules vitellines; du moins les grosses sont-elles fort rares maintenant. On ne peut la suivre que dans l'étendue de la portion ventrale de la membrane intestinale : elle manque dans la portion céphalique, d'où le jaune s'était déjà retiré entièrement. Plus maintenant l'intestin s'allonge, plus la couche de cellules étalée sur sa paroi devient mince, et plus la cavité intérieure acquiert de capacité. De là résulte que peu à peu le jaune se trouve étendu sur la paroi interne de la cavité intestinale de manière à n'y former qu'une simple couche de cellules vitellines, lesquelles se convertissent en membrane muqueuse. Les cellules de cette couche changent bientôt de forme; elles s'allongent dans le sens du rayon de la cavité intestinale, et deviennent les unes globuleuses, les autres cylindriques, avec le sommet du cône tourné en dehors et un noyau prononcé. Peu à peu elles s'emplissent de globules qui ressemblent à des gouttelettes de graisse. Cette couche est dépourvue de vaisseaux. L'intestin se trouve alors composé de deux tubes, celui de fibres musculaires et celui de membrane muqueuse, entre lesquels existe une couche glandulaire. La couche assimilatrice de l'intestin ne se rencontre que dans la portion ventrale du système intestinal. Elle a la plus grande analogie de structure avec ce qu'on nomme l'épithélium, parce qu'il s'agit, dans tous les cas, d'un organe assimilateur de l'intestin, et qu'il n'existe pas d'autre membrane muqueuse chez le têtard de grenouille, parce qu'aussi les cellules dites épithéliales chez les animaux adultes pourraient bien avoir une fonction plus importante que celle qu'on attribue communément à l'épithélium, c'est-à-dire celle d'être les éléments actifs de l'absorption et de l'assimilation.

Originairement il n'existe pas de mésentère. D'après la forme du jaune dans la cavité viscérale du tronc, le sac intestinal a un bord un peu élevé, qui s'attache à la colonne vertébrale. Mais, à mesure que ce sac s'allonge, le jaune et son enveloppe sont obligés de s'éloigner du rachis, ce qui a lieu surtout dans l'endroit où la partie moyenne se contourne en forme de limaçon. De là résulte que les deux parois du sac intestinal attachées à la colonne vertébrale (feuillets de mésentère) se rapprochent l'une de l'autre, proportionnellement à l'espace compris entre cette colonne et l'intestin, et finissent par s'accoler ensemble pour produire le mésentère. Puis, quand l'individualisation des tissus commence dans la membrane intestinale, une couche épithéliale dépourvue de vaisseaux se sépare de celle-ci dans toute l'étendue de la surface libre. Tous les autres tissus de la cavité abdominale font de même à leur surface libre (péritoine). La masse plastique des feuillets du mésen-

éveloppement de vaisseaux, de nerfs et de la rate. Ainsi, tandis que la
ules dépourvue de vaisseaux ne figure qu'un simple moyen d'attache,
cipale représente le moyen essentiel d'union entre la vie animale et
ve. Le péricarde, la pie-mère et sans doute aussi tous les sacs séreux
animaux, se forment de la même manière que le péritoine.
ntestin développé, le jaune est totalement consommé, et la grenouille
'état de têtard. Les branchies externes ont disparu, et les branchies
nt produites à leur place. Tous les développements ultérieurs qui ont
e cours de la métamorphose du têtard sont le résultat d'une formation
cellules-mères dans des endroits déterminés, par exemple aux extré-
s antérieures sont cachées dans la cavité branchiale. Cette cavité pro-
ue l'opercule membraneux qui se développe pour protéger les bran-
cte adhérence avec le commencement du tronc, sauf une petite
ondie, qui demeure béante. Les extrémités antérieures ne deviennent
noment où l'appareil branchial s'atrophie, lorsque la respiration pul-
ntrée en jeu. Dès que le système vertébral est complétement déve-
stème cutané n'a plus d'autres fonctions que d'envelopper l'animal
a plus de nageoires, plus de membranes unissantes, plus d'anus
de lamelles cornées. Les poumons ne procèdent pas du système qui
naissance aux branchies. Une fois le système cutané réduit au rôle de
brane enveloppante s'atrophie, et l'on commence à trouver l'épiderme
'elle. Le développement des poumons commence dès avant cette
ue l'intestin entre dans la tête : ce n'est donc pas de l'intestin qu'ils
reins se développent vers le milieu de la vie du têtard. Il s'opère
structure de l'intestin, de grands changements ayant trait à ceux qui
lans le genre d'alimentation. Les têtards manquent d'abord de parties
les-ci ne commencent à paraître qu'avec les membres.

CHAPITRE II.

Développement des oiseaux et des reptiles écailleux.

ue les poissons et les reptiles nus se ressemblent quant aux points
égard au type de leur développement, et diffèrent de tous les autres
ibrés par l'absence de l'amnios et de l'allantoïde, de même les oiseaux
s écailleux (serpents, lézards, crocodiles, tortues) ont de l'ana-
e quant à la manière dont ils se développent. Chez tous, en effet,
t l'amnios que l'allantoïde. Aristote savait déjà quelque chose de
branes chez les oiseaux. Il distingue (1) une membrane qui cou-
, une autre qui entoure le fœtus (amnios), et une troisième, enve-
es précédentes que le liquide contenu entre elles, et qu'il nomme (2)

or., IV. 3.
. *anim.*, 3, 2.

chorion. Il connaît aussi des vaisseaux sanguins allant à la membrane qui renferme le jaune et au chorion. Quant à ce qui concerne le sac vitellin, il sait qu'on n'en trouve pas dans l'abdomen, et que, chez les oiseaux, le jaune passe du sac vitellin extérieur dans la cavité abdominale, à travers l'ombilic. Ces animaux et les reptiles écailleux ont encore cela de particulier que le sac ombilical faisant corps avec les parois du tronc, qui contient le sac vitellin chez les poissons, n'existe pas chez eux, le feuillet qui y correspond sur le jaune disparaissant de bonne heure par l'effet de la résorption. Ces différences physiologiques dans le mode de développement sont tellement importantes, qu'on serait autorisé à exclure les reptiles nus de la classe contenant les autres reptiles, d'autant plus qu'il s'y joint encore d'autres particularités anatomiques non moins importantes, comme l'état purement rudimentaire ou l'absence des côtes, l'absence du limaçon, la présence d'une seule fenêtre à l'organe auditif, celle d'un double condyle à l'occipital, l'absence du pénis, la respiration par des branchies et des poumons.

Le sillonnement du jaune qui, chez les animaux dont il a été question plus haut, précédait le développement de l'embryon, paraît ne point avoir lieu non plus chez ceux qui vont nous occuper maintenant.

Je m'attacherai surtout à l'embryogénie des oiseaux, à cause de la richesse des matériaux dont elle se compose, car les travaux de C.-F. Wolff, de Pander et de Baer ont fait qu'elle est aujourd'hui la mieux connue de toutes. C'est donc aux indications contenues dans les ouvrages de ces observateurs (1) que je m'en tiendrai pour les aperçus généraux; mais, pour ce qui concerne les détails et surtout le rôle que les cellules jouent dans le développement, je profiterai des recherches plus récentes de Reichert (2).

Aperçu général sur le développement des oiseaux.

L'œuf d'oiseau se développe sous l'influence d'une température de 28 à 32 degrés R., celle qui convient à la vie d'un animal à sang chaud délicat. Pendant que son développement a lieu, l'eau de l'œuf subit une évaporation correspondante à la température, mais qui serait la même si l'œuf n'avait point été fécondé. Il résulte de là que le blanc abandonne le gros bout de l'œuf, où sa disparition laisse un vide que vient remplir l'air qui pénètre à travers les parois de la coquille. La composition de cet air intérieur est à peu près la même que celle de l'air atmosphérique.

Le premier changement qu'on aperçoit dans le germe, par suite de l'incubation, est son grossissement; son bord s'étale d'une manière uniforme. La membrane proligère, tout en acquérant plus de largeur, conserve d'abord son épaisseur, et son bord demeure circulaire. L'action que le germe exerce sur la masse du jaune fait naître dans cette masse plusieurs légers renflements circulaires et concentriques, appelées *halos*, qui appartiennent à la masse vitelline, et non à la membrane proligère. Le noyau situé au-dessous de cette dernière ne change pas, et ne contracte point d'union plus intime avec elle.

(1) C.-F. Wolff, *Theoria generationis*. Halle, 1759. — Pander, *Entwickelungsgeschichte des Huenchens im Ei*. Wurzbourg, 1817. — Baer, dans Burdach, *Physiologie*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1838, t. III, p. 202.

(2) *Das Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*, p. 86.

Au bout de quelques heures, la partie moyenne de la membrane proligère devient transparente. Cet endroit, qui a d'abord la forme d'une ellipse allongée, et qui plus tard prend celle d'un biscuit, marque le champ dans lequel l'embryon doit se former. On l'appelle *area pellucida*, à cause de sa transparence. La lettre *a* l'indique dans la figure 235. Le reste de la membrane proligère est trouble. D'ailleurs cette membrane est entièrement composée de cellules, et c'est par la formation de cellules qu'elle croît. A mesure qu'elle se divise, dans le sens de sa largeur, en une portion centrale transparente et une portion périphérique trouble, il s'opère aussi, dans celui de son épaisseur, une autre séparation, qui fait qu'elle ne tarde pas à être composée de deux couches. Ces couches ne sont pas à la vérité, séparées l'une de l'autre, mais elles ont une structure différente. La supérieure, ou externe, celle qui regarde la membrane vitelline, porte le nom de *feuillet séreux;* l'inférieur, ou interne, celle qui est tournée vers le jaune, a reçu celui de *feuillet muqueux.*

Fig. 235.

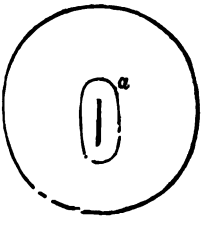


Fig. 236.

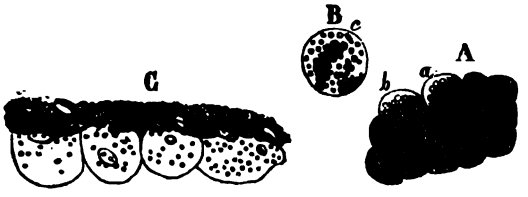
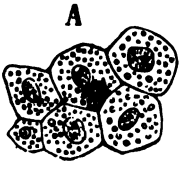
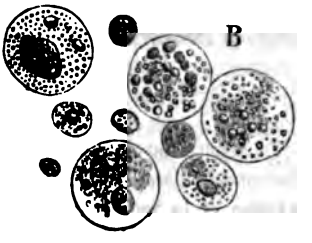


Fig. 237.



Lorsque Schwann, prenant la membrane proligère d'un œuf de poule qui avait subi huit heures d'incubation, la ployait de manière que sa face externe constituât le bord (1), celui-ci paraissait formé de cellules extrêmement pâles et transparentes, dont il y avait de toutes les grandeurs, jusqu'au volume des globules primaires dont la membrane était composée avant et peu de temps après l'incubation. Ces cellules contenaient un liquide transparent et n'avaient pas de noyau, mais on y apercevait quelques granulations obscures et très petites. Dans un œuf couvé depuis seize heures, on trouve la lamelle interne développée. La face externe est formée, d'après Schwann (2), de cellules, dont la paroi interne recèle un noyau contenant un à deux nucléoles, et dont l'intérieur est plein d'un liquide clair,



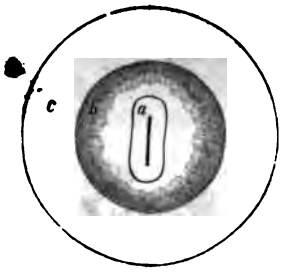
(1) La figure 236 représente, d'après Schwann : A un lambeau de la membrane germinative d'un œuf de poule à maturité, non couvé; en *a* et *b*, on distingue la cavité de la cellule; B cellule isolée; C lambeau de membrane germinative d'un œuf de poule, après seize heures d'incubation. Il est ployé de manière que la face externe ou la couche séreuse forme le bord.

(2) La figure 237 représente, d'après Schwann : A cellules du feuillet séreux de la membrane proligère précédente, au voisinage de l'*area pellucida*, après l'ablation du feuillet muqueux; B cellules du feuillet muqueux de cette même membrane, hors de l'*area pellucida*.

au milieu duquel nagent quelques petites granulations. Les cellules sont tellement serrées les unes contre les autres, qu'elles en prennent une forme polyédrique (1). Le feuillet interne de la membrane proligère contient, d'après les observations de Schwann, de grandes cellules, d'un volume très variable, qui renferment un liquide transparent et des granulations de diverses sortes. Presque dans chacune on aperçoit une sphère à contours très obscurs, dont parfois il existe plusieurs ensemble dans une même cellule. Ces cellules sont disséminées d'une manière assez lâche dans une substance intercellulaire dépourvue de structure, qui en est la substance génératrice ou le cytoblastème. Cette dernière substance contient, indépendamment des cellules, des globules obscurs et des granulations plus petites, que Schwann présume être en partie des noyaux de nouvelles cellules. Dans l'intérieur de l'*area pellucida*, les cellules de ce feuillet ont un tout autre aspect: elles sont beaucoup plus petites, de grosseur à peu près la même, transparentes, et ne contiennent que de très petits globules : il n'y a pas de noyaux, tandis que les cellules du feuillet externe en ont un, même dans l'*area pellucida*.

La différence entre l'*area pellucida* et le reste de la membrane proligère n'est pas la seule particularité que celle-ci offre dans son expansion en surface. On ne tarde pas à apercevoir, autour de l'*area pellucida*, non plus un seul champ, mais deux. Ces deux champs sont annulaires, et l'on peut s'en représenter la limite comme un cercle concentrique au bord de la membrane. Le champ situé en dedans du cercle (*b*), et qui entoure l'*area pellucida* (*a*), porte le nom d'*area vasculosa*, parce que c'est dans son intérieur que se forment les vaisseaux sanguins; le champ extérieur (*c*) est appelé *area vitellina*. Ce dernier s'étend de plus en plus vers le bord, et finit par entourer peu à peu le jaune tout entier, de manière qu'un moment arrive où la membrane proligère représente un sac clos de toutes parts et contenant le jaune, qui finit par disparaître.

Fig. 238.



La séparation de l'*area vasculosa* et de l'*area vitellina* dépend d'un travail qui s'accomplit dans l'épaisseur de la membrane proligère. En effet, outre le feuillet externe et le feuillet interne de cette membrane, il se produit encore une couche intermédiaire, qu'on ne peut cependant pas bien isoler comme feuillet à part, et qu'on nomme *feuillet vasculaire*, parce que c'est dans son intérieur qu'il commence à apparaître plus tard des vaisseaux sanguins. La séparation de la membrane proligère en ces trois couches ne s'étend que jusqu'à l'*area vitellina*, et c'est précisément à cela qu'est due la séparation de l'*area vaculosa* et de l'*area vitellina*, qui arrive vers le milieu du premier jour de l'incubation.

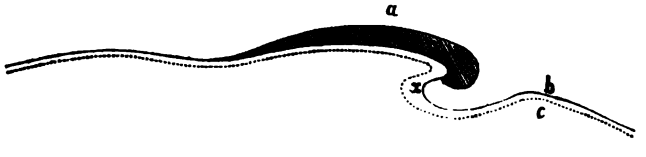
A la même époque, on remarque aussi dans l'axe de l'*area pellucida*, correspondant à l'axe transversal de l'œuf, le premier vestige de l'embryon, sous la forme d'une strie blanche, appelée *nota primitiva*, qui, un peu plus épaisse en devant, se termine en arrière par une extrémité amincie. Baer regardait cette strie comme un précurseur de la colonne vertébrale, lequel ne tarde pas à disparaître.

(1) *Comp.* VALENTIN, *Entwickelungsgeschichte*, p. 287.

Reichert y voit, non pas une formation particulière, mais simplement une gouttière. Sur les côtés de la *nota primitiva* s'élèvent bientôt deux renflements, ou deux crêtes, nommées *laminæ s. plicæ dorsales*, qui s'écartent un peu l'un de l'autre en devant et en arrière. Jusqu'à présent on les avait considérés comme étant destinés à entourer latéralement les parties primitives du cerveau et de la moelle épinière, en se fermant ou se soudant ensemble au-dessus d'elles, c'est-à-dire comme les rudiments du rachis et de la boîte cérébrale. Reichert veut qu'ils soient les parties centrales elles-mêmes du système nerveux. Au-dessous de la moelle épinière est située la *chorda dorsalis*, petite languette gélatiniforme, qui a été découverte par Baer. On peut la regarder comme l'axe des corps des vertèbres du rachis et du crâne, mais elle n'est pas le rudiment des corps vertébraux eux-mêmes; car ceux-ci naissent, sur ses côtés, de deux linéaments pairs: il apparaît effectivement des condensations blanches et de forme carrée, qui, en s'allongeant, produisent tant l'arc que le corps des vertèbres, de manière qu'ensuite l'axe des corps vertébraux est entouré en dessous, chez l'oiseau, par ces corpuscules mous. Il n'existe d'abord que quelques uns de ces rudiments de vertèbres; mais, avec le temps, le nombre en augmente. Malpighi avait déjà reconnu que les vertèbres doivent naissance à des rudiments pairs.

Les parties qui constituent l'axe de l'embryon tiennent de tous côtés au feuillet externe de la membrane proligère, sans qu'il y ait de cavité du tronc au-dessous d'elles. Cette cavité commence à devenir apparente lorsque l'embryon, avec la portion de membrane proligère qui y tient immédiatement, se soulève, en forme de nacelle, au-dessus de la surface de cette membrane, qui semble alors partir les bords d'un petit bateau. L'excavation qui résulte de là, et qui d'abord est ouverte, représente la première forme de la cavité du tronc. La membrane proligère s'infléchissant de dehors en dedans, vers le haut, vers le bas et sur les côtés, il résulte de là que la cavité s'isole peu à peu de plus en plus, et qu'elle acquiert une paroi inférieure et des parois latérales. D'abord la partie antérieure de la région céphalique se recourbe de haut en bas, et la membrane proligère suit cette inflexion. La courbure de cette membrane continue d'avant en arrière, ce qui établit une séparation entre la cavité du tronc et la portion céphalique de l'embryon (1).

Fig. 239.



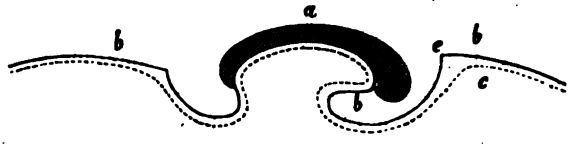
L'inflexion de la membrane proligère qu'on observe déjà dans le courant du premier jour, porte le nom de *capuchon céphalique* (*vagina capitis*). Elle affecte

(1) La figure 239 représente la coupe idéale d'un embryon de trente-six heures d'incubation: *a* embryon, *b* feuillet externe de la membrane proligère, *c* feuillet interne de cette membrane, * le cœur s'est produit, comme épaississement du feuillet vasculaire.

d'abord la forme d'un pli transversal, qui devient de plus en plus profond, et dont le bord se continue avec la portion périphérique de la membrane.

Un pli analogue se forme, dans le courant du second jour, à la région caudale de l'embryon. Celui-là procède en sens inverse de l'autre, c'est-à-dire d'arrière en avant. On l'appelle *capuchon caudal* (*vagina caudæ*).

Fig. 240.

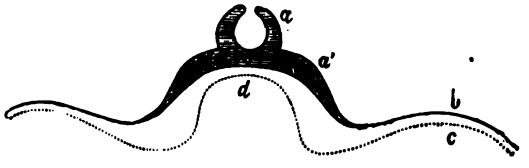


Les deux plis sont unis ensemble par la portion de l'embryon caréniforme qui se porte des parties latérales de l'axe à la membrane proligère (1).

Le résultat de cette disposition est que l'embryon se trouve pour ainsi dire détaché de la membrane proligère, en haut, en bas et sur les côtés, et qu'il s'élève maintenant au-dessus d'elle, tournant vers le jaune la cavité de son tronc, qui est encore en grande partie ouverte.

Toute la portion du feuillet interne de la membrane proligère qui revêt l'excavation de l'embryon est le premier rudiment de l'intestin, et son excavation est la forme primitive de la cavité intestinale. Quant au feuillet externe, toute sa portion qui, partant de l'axe de l'embryon, forme la carène représentée par ce dernier, fait corps avec les premiers rudiments des parois du tronc qui sont destinés à produire les parois du cou, de la poitrine et du ventre. Mais il suit déjà des observations de Rathke que ces parois animales ne peuvent pas devoir uniquement naissance à la pousse de ce feuillet. Sur une coupe transversale de l'embryon, on voit le feuillet externe se continuer avec les parois que forment en haut les lames dorsales, pour entourer la moelle épinière, et en bas les lames ventrales ou viscérales, pour embrasser le système des viscères.

Fig. 241 (2).



Cependant les changements subis par la couche moyenne de la membrane proligère dans l'*area vasculosa*, ont donné naissance aux premiers rudiments du système vasculaire et du sang (3). A la périphérie externe de l'*area vasculosa* on voit paraître des espèces d'îles et de gouttières, unies ensemble en manière de réseau, et pleines d'un liquide transparent, de couleur jaune pâle. Vers la même époque, le cœur se forme aussi dans la

(1) La figure 240 représente la coupe longitudinale d'un embryon du troisième au cinquième jour d'incubation : *a* embryon, *b* feuillet externe de la membrane proligère, *c* feuillet interne, *e* portion périphérique du feuillet séreux qui s'élève pour produire l'amnios.

(2) Dans la figure 241 : *a* portion dorsale, *a'* portion ventrale des parois cavitaires animales, *b* union de la portion ventrale de ces parois avec la partie périphérique de la membrane proligère, *c* feuillet interne de cette membrane, *d* partie organique du corps, premier rudiment de l'intestin.

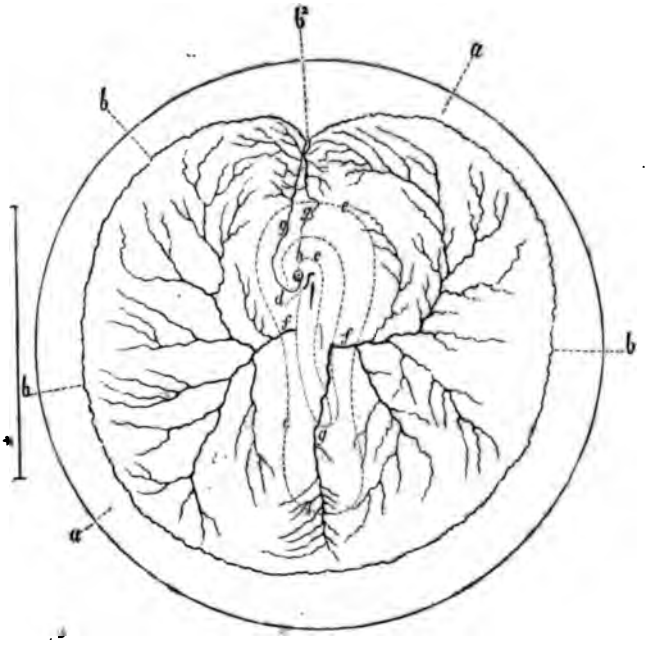
(3) *Comp.* Prevost et Lebert, *Sur la formation des organes de la circulation et du sang dans l'embryon de poulet*, dans *Ann. des sc. nat.*, 1844, t. I, p. 193 et 222.

couche moyenne de la membrane proligère, à l'endroit où celle-ci s'est détachée de la tête pour aller revêtir la région antérieure de la cavité du tronc.

Il suit des observations de Schwann que les vaisseaux sanguins naissent d'abord de cellules à noyaux, qui poussent des prolongements au moyen desquels elles s'unissent ensemble pour produire des figures rameuses et rétiformes. Le réseau de l'*area vasculosa* se prolonge dans l'*area pellucida*, et entre en connexion avec le cœur ; celui-ci affecte la forme d'un utricule allongé, terminé inférieurement par des troncs veineux, supérieurement par plusieurs arcs aortiques (trois au moins de chaque côté), qui produisent l'aorte en se réunissant au-dessous de la colonne vertébrale. Au reste, la couche vasculaire ne tarde pas à se ramifier tant dans le système animal que dans le système organique, et elle joue un rôle essentiel dans les développements ultérieurs.

Certains tubes de réseau se développent en troncs. Lorsque le cœur commence à se mouvoir, il ne circule d'abord qu'un liquide incolore. Mais bientôt se produisent aussi, dans l'*area vasculosa*, des globules rouges du sang, qui sont d'abord ronds, et qui n'acquièrent que plus tard la forme elliptique propre à ceux de l'oiseau adulte. On voit paraître d'abord les noyaux, autour desquels l'enveloppe se forme ensuite, d'après les observations de Schultz (1).

Fig. 242.



Voici quelle est d'abord la forme de la circulation (2). Après la division de l'aorte

(1) *Das System der Circulation.* Berlin, 1836, p. 35.

(2) La figure 242 représente, d'après Wagner, un jaune d'œuf de poule, plus que doublé de grandeur, pour faire voir la circulation du sang dans le blastoderme : *a* jaune, *b* sinus terminal, *b²* immersion supérieure du sinus terminal, *c* aorte, *d* points pulsatifs du cœur, *f f* artères du

en branches droite et gauche, il part de ces branches les artères omphalo-mésentériques, qui vont en se ramifiant jusqu'à un sinus veineux, *sinus terminalis*, formant un cercle autour de l'*area vasculosa*. Le sang de ces artères et du réseau de la membrane proligère est ramené par les veines omphalo-mésentériques, qui viennent de la partie supérieure et de la partie inférieure de la membrane. Plus tard, il se développe, dans le réseau de la membrane proligère, des veines qui correspondent aux artères. Enfin, quand la membrane a entouré le jaune de toutes parts, le sinus terminal disparaît, et le sac vitellin se couvre entièrement de vaisseaux.

L'amnios naît dans le courant du troisième jour. Il provient du feuillet externe de la membrane proligère, qui se soulève en pli tout autour de l'embryon. Ce pli

Fig. 243 (1).

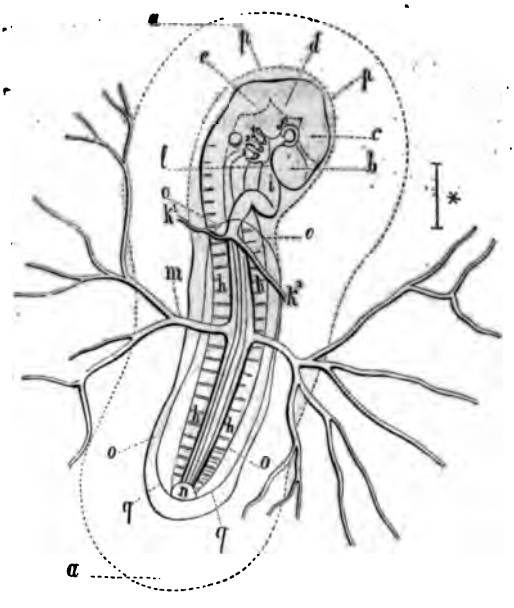
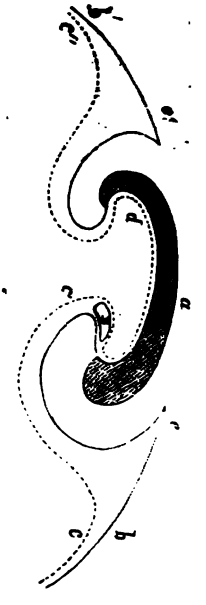


Fig. 244.



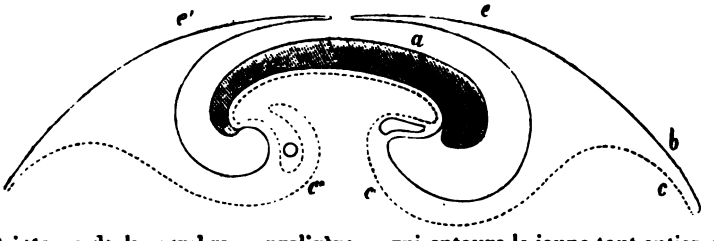
est d'abord visible à la portion de la membrane qui se trouve attirée vers le bas pour former le tronc de l'embryon, et qui, après avoir couvert la tête (capuchon

blastoderme, *g g g* veines du blastoderme (une inférieure et deux supérieures ; celle-ci est parfois simple), *e e area pellucida* en forme de biscuit, *h* l'œil. On a omis les ramifications les plus déliées et les anastomoses avec le sinus terminal.

(1) La figure 243 représente, d'après Wagner, un embryon de poulet, long de quatre lignes, datant de la moitié du troisième jour, et vu du côté abdominal ou vitellin : *a area pellucida*, *b* cellule cérébrale antérieure (hémisphères), *c* cellule pour les couches optiques et les pédoncules du cerveau, *d* corps quadrijumeaux, *e* cervelet et moelle allongée, *f* œil, avec une large fente en bas, *g* vésicule auditive, située au-devant de la moelle allongée, *h h h h* lames vertébrales, *i* ventricule du cœur, *k* oreillette, k^1 veine supérieure du blastoderme, k^2 veine inférieure du blastoderme, *l* bulbe de l'aorte, d'où partent quatre artères branchiales, *m m* artères du blastoderme, qui partent de la bifurcation de l'aorte, *h* allantoïde, *o o o o* bords de la cavité du corps, formant en haut le capuchon céphalique (*p*), et en bas le capuchon caudal (*q*).

céphalique), décrit un coude pour se continuer avec le reste de la membrane proligère. Dans la figure 244, *b* et *c* représentent le feuillet externe et le feuillet interne de la membrane proligère ; *d*, la cavité du système organique ; *c'*, la communication entre cette cavité et le feuillet interne. Du feuillet externe s'élève le pli *e*, qui s'éloigne du feuillet sous-jacent, et qui va entourer la partie céphalique de l'embryon, comme ferait un bonnet : c'est le capuchon céphalique. Un pli analogue *e* s'élève de l'autre bout de l'embryon, qu'il entoure également ; c'est le capuchon caudal. Des plis semblables existent sur les côtés. Tous ces plis tiennent les uns avec les autres, et ils entourent l'embryon, du côté ventral vers le côté dorsal, jusqu'à ce qu'ils viennent à se rencontrer et à se souder ensemble sur le dos (fig. 245). Quand leur soudure s'est accomplie, l'embryon se trouve enfermé dans une vésicule privée de vaisseaux et pleine de liquide. C'est cette vésicule qu'on appelle l'amnios. Le feuillet supérieur ou externe des plis, qui a produit l'amnios, est séparé par l'embryon du jaune et du feuillet interne de la membrane proligère, dans toute l'étendue que l'embryon occupe sur la masse vitelline ; on lui donne là le nom de *faux amnios :* sur tous les autres points il s'accole à ce feuillet, dont il constitue la couche externe. L'amnios proprement dit, ou la lame interne de cette enveloppe, représente maintenant une vésicule, qui fait corps avec la peau de l'embryon dans l'endroit où les parois du tronc se continuaient avec le feuillet externe de la membrane proligère, et par conséquent, à cette époque, les parois du tronc se continuent avec l'amnios, ou décrivent une inflexion pour aller faire corps avec lui. Cette inflexion est l'ombilic cutané, qui, d'abord grand et long, se rapetisse peu à peu. Le feuillet interne de la membrane proligère continue de faire corps avec l'intestin. La communication étranglée entre le sac intestinal *d* et le

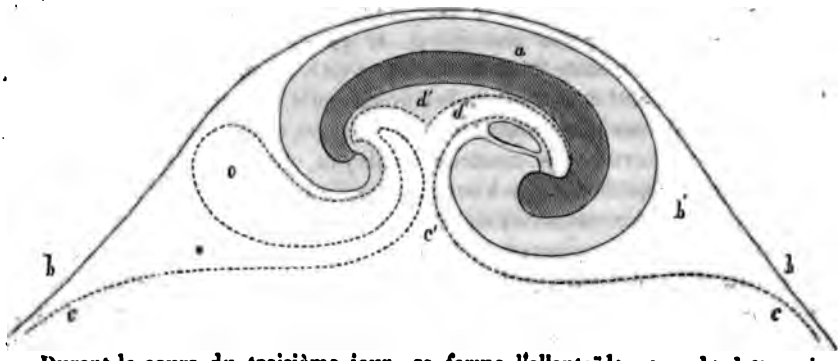
Fig. 245.



feuillet interne de la membrane proligère *c*, qui entoure le jaune tout entier et est devenu le sac vitellin, constitue maintenant le conduit vitello-intestinal *c'*, dont Stenon a démontré la connexion avec l'intestin, et que Fabricius avait déjà reconnu chez l'oiseau qui vient d'éclore. Ce canal traverse l'ombilic cutané : d'abord très large, il se rétrécit peu à peu. Le foie, comme l'a découvert Rolando, est produit par une excroissance du rudiment de l'intestin : Baer avait également constaté ce fait, à l'appui duquel viennent aussi mes observations. Quoique je n'aie pu observer l'exsertion chez le crapaud accoucheur, soit que je ne rencontrasse pas le temps propice, soit qu'elle n'ait pas lieu chez cet animal, je l'ai vue très nettement chez le poulet, au quatrième jour. Le blastème du rudiment de l'intestin acquiert plus d'épaisseur, et forme, au-dessus du niveau de l'intestin, une saillie creuse dont la cavité communique avec celle de l'organe. Valentin aussi a pu se convaincre que tel est en effet le mode de formation du foie. Il est donc

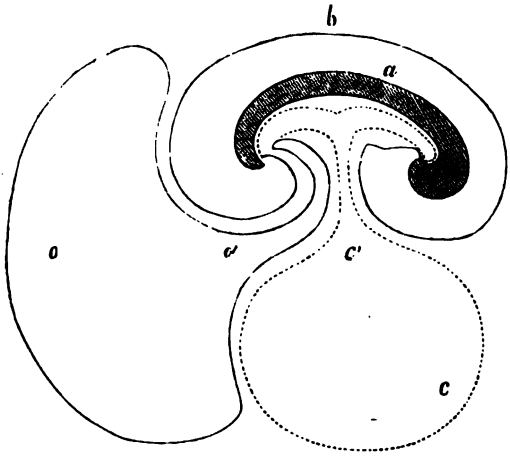
surprenant que Reichert n'ait pu l'observer, non plus que la formation analogue du poumon, qui avait été vue par Rathke.

Fig. 246.



Durant le cours du troisième jour, se forme l'allantoïde, que la lettre *o* indique dans la figure 246. D'après toutes les observations qui ont été recueillies jusqu'à présent, elle provient d'une excroissance creuse ou d'une exsertion de la portion terminale de l'intestin. Reichert ne l'a vue qu'en relation avec les conduits excréteurs des corps de Wolff ou reins primordiaux, sur lesquels je reviendrai en temps et lieu. Cette bourse, couverte d'un réseau vasculaire, sort par l'ombilic cutané, et se développe en une grosse vésicule chargée de vaisseaux. Son pédicule est l'ouraque, qui traverse l'ombilic cutané, comme le conduit vitello-intestinal, et qui est, de même que ce dernier, accompagné des vaisseaux omphalo-mésentériques et des vaisseaux ombilicaux. L'accroissement considérable que prend l'allantoïde fait qu'elle enveloppe entièrement l'embryon, avec l'amnios et le sac vitellin. Son réseau vasculaire sanguin sert à la respiration. Plus loin, je traiterai en détail des vaisseaux sanguins.

Fig. 247.



A mesure que le développement de l'embryon fait des progrès et que les tissus des systèmes organiques se produisent, le sac vitellin diminue peu à peu de volume. Un moment arrive où il rentre tout entier dans le ventre, et il y demeure en communication avec l'intestin, par le moyen du canal vitellin, tandis que l'ombilic se ferme. On le trouve encore dans la cavité abdominale chez les oiseaux et les reptiles écailleux qui viennent de quitter l'œuf (1).

(1) Dans la figure 247, *a* représente la partie dorsale de l'embryon, *b* l'amnios, *c* le sac vitellin, *d* le canal vitellin, *o* l'allantoïde, *o'* l'ouraque.

Le développement des crocodiles, des serpents, des lézards et des tortues (1) paraît avoir lieu d'après les mêmes principes que celui des oiseaux. Tous ces animaux ont un sac vitellin, qui communique d'abord avec l'intestin ; mais, d'après les recherches de Volkmann et de Rathke, la communication cesse de très bonne heure. Tous ont un amnios et une allantoïde ; chez tous, le sac vitellin présente, à sa face interne, des saillies nombreuses renfermant des anses vasculaires qui pendent dans sa cavité. C'est un développement des vaisseaux flexueux, *vasa lutea*, qu'on aperçoit au côté interne du sac vitellin, chez l'embryon d'oiseau.

Premiers rudiments des divers systèmes organiques dans l'œuf d'oiseau.

Les cellules du germe et celles de la cavité vitelline sont les seules qui prennent une part immédiate au développement de l'embryon. On ne peut, à aucune époque, démontrer que celles de la substance du jaune entrent d'une manière directe dans la composition des organes du poulet. Le noyau de la cicatricule, qu'on ne peut considérer que comme la couche supérieure des cellules de la cavité vitelline accumulées dans le canal, ne saurait être complétement isolé du germe dans l'œuf de poule à maturité et non fécondé, non plus qu'au commencement du développement. Dès que les premiers linéaments de l'embryon sont formés, ce noyau devient libre, et ne tarde pas à disparaître.

Ce qui caractérise la première époque du développement, c'est que toutes les parties naissent et grandissent au moyen, d'abord des cellules du germe, puis des cellules voisines de la cavité vitelline, qui se déposent couche par couche, et que les rudiments ainsi produits s'accroissent par l'addition de nouvelles cellules prédisposées. Ces cellules ne reçoivent point encore de substance alimentaire. Elles se développent aux dépens des globules qu'elles renferment en abondance, et qui disparaissent peu à peu, tandis qu'une multitude de jeunes cellules deviennent visibles dans les diverses parties de l'embryon.

Membrane enveloppante. La première chose que fasse le jaune, pour produire un organisme animal, est, comme chez les grenouilles, de former une enveloppe sous l'abri et avec le concours de laquelle l'embryon se développe. Cette première conformation s'aperçoit sur la cicatricule ou le germe de tout œuf fécondé, dès qu'il est pondu. Elle représente un disque circulaire, de dimensions égales à celles de la cicatricule elle-même. Il n'y a pas moyen, durant les premières heures de l'incubation, de la détacher du germe sous forme de membrane cohérente. Sa présence est indiquée, à l'œil nu, par la circonscription nette et bien prononcée du germe ; au microscope, par les cellules polyédriques qui constituent la nouvelle couche. Ce rudiment de la membrane enveloppante avait été désigné autrefois sous le nom de feuillet séreux de la membrane proligère : il a la même signification absolument que la membrane enveloppante noirâtre qu'on trouve chez la grenouille. A cette époque, il consiste, d'après la description de

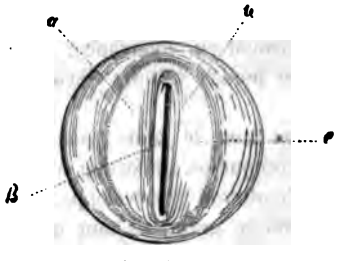
(1) Emmert et Hochstetter, *Ueber die Entwickelung der Eidechsen*, dans Reil's *Archiv*, t. X, p. 84. — Tiedemann, *Ueber das Ei der Schildkræten*. Heidelberg, 1828. — Volkmann, *De colubri natricis generatione*. Leipzick, 1834.—Rathke, *Entwickelungsgeschichte der Natter*. Kœnigsberg, 1839. — Burdach, *Traité de physiologie*, t. III, p. 158.

Schwann, en des cellules plus obscures, serrées les unes contre les autres, de grosseur un peu diverse, et renfermant des globules.

La membrane continue de croître sans interruption. Ayant son centre fixé à l'endroit où l'embryon doit apparaître, elle grandit d'une manière uniforme vers la périphérie, et va s'étaler sur le jaune, en passant immédiatement au-dessous de la membrane vitelline. Son premier développement est le résultat de l'expansion des cellules qui en constituaient le rudiment dans l'origine; ces cellules, en augmentant de volume, deviennent plus claires, ce qui permet déjà de distinguer sur quelques points la membrane qui en forme les parois. Continuellement ensuite il se dépose à la périphérie de nouvelles cellules de la cavité vitelline, qu'un dépôt globulaire à la surface de leur noyau rend semblables à celles du germe. La membrane enveloppante est une des formations dont le développement s'accomplit uniquement au moyen des cellules de la cavité vitelline, sans coopération du système sanguin.

Rudiments du système nerveux central. Le développement du jaune en formations qui appartiennent à l'embryon seul débute par la production des rudiments du système nerveux central. Cependant cette formation n'attend pas, comme chez les grenouilles, que la membrane enveloppante ait entouré le jaune entier. Cette membrane n'a encore dépassé que de quelques lignes le résidu de la cicatricule, qu'on distingue le rudiment de l'embryon, sous la forme d'une strie blanchâtre et plus claire, qui semble partager le disque circulaire de la membrane enveloppante en deux moitiés égales, sans toutefois que ses extrémités atteignent le bord de cette membrane (1). Cette strie est le reflet d'une gouttière peu profonde, et affectant la même direction qu'elle, qui a été produite par le développement, à droite et à gauche, des moitiés primitives du système nerveux actuel. Un peu plus tard on distingue, au-dessous du plancher de la gouttière, et dans toute sa longueur, la corde dorsale, qui se fait remarquer par sa couleur blanche. La teinte plus claire de la gouttière n'est pas produite par cette corde : car elle disparaît lorsqu'on écarte les bords, et l'on peut aussi produire des stries blanchâtres qui lui ressemblent en plissant un point quelconque de l'étendue de la membrane enveloppante. La forme naturelle qu'affecte la gouttière primitive s'aperçoit très bien sur les coupes transversales de cette membrane.

Fig. 248.



Le système nerveux central se trouve immédiatement à côté de la gouttière primitive, et au-dessous de la membrane enveloppante, à la face inférieure de laquelle il est attaché, de même que, chez la grenouille, il s'est détaché du *cumulus* sous la forme d'une couche de cellules étalée en membrane. Au microscope, on

(1) La figure 248 représente, d'après Reichert, les rudiments du poulet, après environ sept à huit heures d'incubation, correspondant au précédent blastoderme, lorsque la gouttière primitive y est devenue visible. Vue de la face supérieure : *u* membrane enveloppante, qui forme la couche la plus superficielle et tout le disque arrondi qu'on aperçoit ; *α* système nerveux central, placé au-dessous, dont les deux moitiés primaires occupent ensemble une surface ovale ; *ε* limite externe du système nerveux central ; *β* gouttière primitive.

découvre supérieurement les cellules de la membrane enveloppante, devenues plus claires (et dont la membrane pariétale se distingue déjà très bien, parfois avec des noyaux), inférieurement les cellules du système nerveux central, totalement remplies encore de leur contenu globuleux.

Les moitiés primitives du système nerveux représentent, dans leur premier rudiment, deux couches membraniformes de cellules, qui se sont déposées sous la membrane enveloppante, de chaque côté de la gouttière primitive, qui se confondent en avant et en arrière, et qui représentent ensemble une surface ovale, dont la gouttière primitive parcourt le plus long diamètre.

Membrane intermédiaire. Dès que la couche de cellules destinées aux moitiés primitives du système nerveux central s'est isolée, il se sépare aussi du *cumulus* le second rudiment principal de l'embryon, c'est-à-dire une membrane assez constante, de forme circulaire, et dont l'épaisseur surpasse celle des dépôts qui ont eu lieu jusqu'à présent. Cette membrane a d'abord une étendue qui le cède peu à celle de la membrane enveloppante, ce qui fait que, par sa face supérieure, elle touche cette dernière à la périphérie, et le système nerveux central dans le milieu : elle dépasse par conséquent l'*area germinativa*. On parvient souvent à la détacher, sauf dans l'endroit où elle touche la corde dorsale.

Cette seconde membrane est de la plus haute importance dans l'histoire du développement des animaux vertébrés supérieurs. On l'a prise d'abord pour le feuillet muqueux, puis plus tard pour le feuillet vasculaire. Elle se trouve comprise entre le système nerveux central et la membrane muqueuse qui ne va pas tarder à se déposer. C'est le rudiment commun du système vertébral, du système cutané, du système sanguin et du système intestinal, la membrane muqueuse exceptée. Elle joue aussi le rôle d'intermédiaire actif entre le jaune et les rudiments déjà existants de l'embryon, qui sont bornés au système nerveux central et aux premiers linéaments de la membrane muqueuse.

La formation du tube inférieur, ou de la cavité viscérale de l'embryon, s'accomplit de la manière suivante. Jusqu'ici les parties centrales du système nerveux et la membrane intermédiaire étaient presque planes, à part de légères convexités des parties centrales, et la gouttière située entre elles. Maintenant les convexités s'élèvent de plus en plus, et par là produisent le canal vertébral supérieur, qui se prononce au-dessus de la surface. La face intérieure, jusqu'alors plane, est formée par la membrane intermédiaire. Cette membrane décrit une inflexion de haut en bas et d'avant en arrière, à peu de distance au-devant du système nerveux central, sur une ligne correspondant au contour presque circulaire de son extrémité céphalique, tandis que de l'extrémité postérieure de l'inflexion, elle repasse en avant et revient se continuer avec sa portion périphérique. La dernière partie du pli est le capuchon céphalique de Baer.

Le pli qui vient d'être décrit fait naître, par rapport à l'embryon, une espèce de bonnet situé en devant, au-dessous de lui, et qui s'abouche dans la cavité vitelline. Ce bonnet se convertit en cavité viscérale de la tête et du cou, avec les formations qui existent dans ces régions. L'ouverture postérieure n'est pas l'entrée du canal alimentaire, car la bouche se produit à la paroi antérieure et close du bonnet : elle indique à peu près la région où sera placé plus tard l'estomac. On peut donc justifier la dénomination de *fovea cardiaca*, que lui avait donnée Wolff.

Rudiments de la membrane muqueuse. Après l'apparition du rudiment de la portion céphalique du tube viscéral, il se sépare du *cumulus* une dernière couche membraniforme de cellules, qui doit être le rudiment de la membrane muqueuse du système intestinal, et qui se manifeste à la face inférieure de la membrane intermédiaire. Cette couche est circulaire, comme le *cumulus*, et ne s'étend pas tout à fait aussi loin que la membrane moyenne. Celle-ci, ainsi que la membrane enveloppante qui s'étend sur elle, est couverte, en dessous, d'une couche de cellules de la cavité vitelline, qui s'est étendue de la périphérie du *cumulus*. Cette couche de cellules vitellines, de couleur blanche, se présente, à la vérité, comme une

Fig. 249 (1).

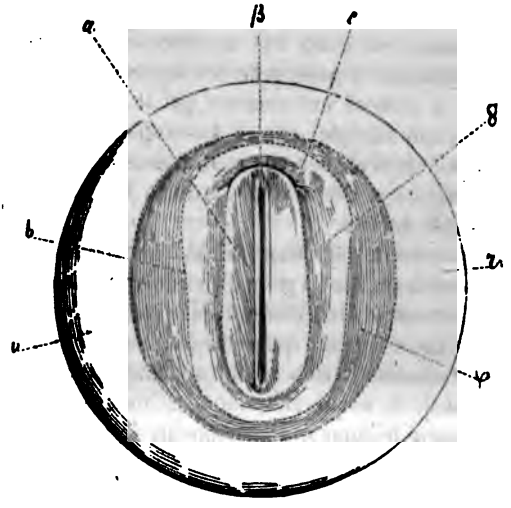
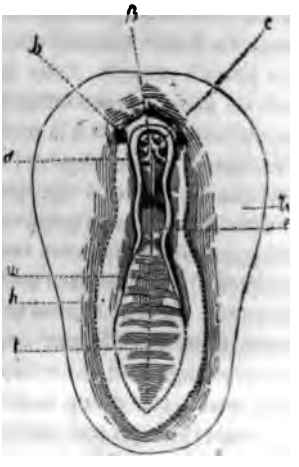


Fig. 250 (2).



(1) La figure 249 représente, d'après Reichert, les rudiments du poulet dans leur extension complète, à l'époque où la membrane muqueuse est déjà séparée du *cumulus*. Il y a trois couches de rudiments. La supérieure ou la plus grande est la membrane enveloppante ; puis vient la plus petite de toutes en étendue, le système nerveux central ; ensuite la *membrana intermedia*, qui est la plus grande après l'enveloppante ; enfin la membrane muqueuse : β gouttière primitive ; *a* moitiés primitives du système nerveux central, qui se contractent vers la gouttière, au moyen de leur réunion mutuelle ; *b* inflexion de ces deux moitiés, à peu près au milieu du bord externe, indice de la division en cerveau et moelle épinière ; *e* pli profond produit par l'étranglement de la portion céphalique de la membrane intermédiaire ; ζ portion abdominale de la membrane intermédiaire, presque piriforme ; φ portion périphérique de cette membrane ; γ partie annulaire de la membrane enveloppante, qui n'a de rapport avec aucun rudiment essentiel de l'embryon.

(2) La figure 250 représente, d'après Reichert, le dessus de l'*area germinativa* chez un embryon dont les moitiés primaires du système nerveux central ont déjà, surtout au cerveau, élevé leur bord externe pour se réunir ensemble : *a* système nerveux central ; *t* partie postérieure des moitiés de la moelle épinière ; *e* limite approximative du cerveau et de la moelle ; *c* sillon dorsal entre les moitiés primaires du système nerveux central ; β endroit où se trouvait autrefois la gouttière primitive, qui a disparu à la formation du sillon dorsal ; *w* lames primaires du système vertébral, encore complétement couvertes par le système nerveux central ; *h* lames primaires du système cutané, marquées par un épaississement du centre de la membrane intermédiaire sur la limite du système nerveux central ; ζ centre de la membrane intermédiaire ; *b* pli de la portion céphalique étranglée de la membrane intermédiaire.

continuation immédiate du rudiment de la membrane muqueuse, mais elle en diffère tant au point de vue du rôle qu'elle joue qu'à celui de sa composition élémentaire. Actuellement, le rudiment de la membrane muqueuse est composé des

Fig. 251 (1).

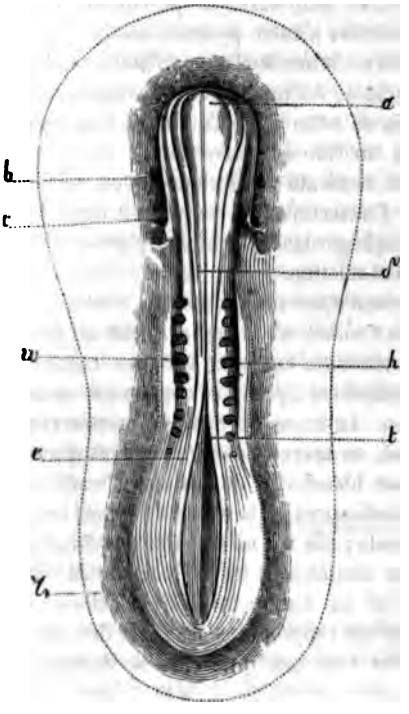
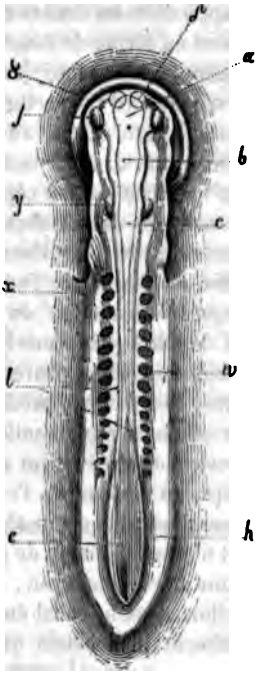


Fig. 252 (2).



(1) La figure 251 représente, d'après Reichert, une vue analogue à celle de la précédente, prise d'un embryon dont les moitiés primaires du système nerveux central se sont réunies en grande partie : *a* moitiés primaires, réunies en tube, du système nerveux central, entourées de leur enveloppe, fournie par les systèmes vertébral et cutané ; *δ* ombre indiquant la limite de la cavité du système nerveux central : *t* moitiés primaires, non encore réunies, de la moelle épinière ; *e* portion du sillon dorsal non encore soudée en tube ; *ω* système vertébral, qui a déjà développé les lames dorsales, pour envelopper le système nerveux central ; *h* portion plus épaisse de la membrane intermédiaire, provenant des lames primaires du système cutané ; *b* limite postérieure de la portion céphalique étranglée de la membrane intermédiaire, à partir de laquelle celle-ci, constituant alors le capuchon céphalique, va regagner en avant le disque de la portion ventrale ; *c* région où les bras postérieurs du cœur se rendent sur les côtés, vers l'*area vasculosa*.

(2) La figure 252 représente, d'après Reichert, la même vue que la précédente, mais d'un embryon un peu plus âgé, chez lequel le cerveau s'est déjà divisé en trois segments, et où existent aussi les rudiments des organes des sens supérieurs : *t e w h*, comme dans la figure précédente ; *a* vésicule du troisième ventricule ; *b* vésicule de l'aqueduc de Sylvius ; *c* vésicule du quatrième ventricule ; *δ* région, indiquée ici par deux cercles, où se produisent un peu plus tard les deux vésicules des hémisphères ; *g* rudiment du nerf optique ; *γ* rudiment du nerf acoustique ; *γ* feuillet de l'amnios, s'élevant en capuchon céphalique ; *x* région où les bras postérieurs du cœur se portent latéralement à l'*area vasculosa*.

mêmes cellules, provenant de la cavité vitelline, et pleines de petits globules, que celles qui constituent les autres formations de l'embryon, au moment de leur première apparition.

Mais la couche de cellules qui compose la membrane muqueuse ne peut point s'appliquer à tous les points de la face inférieure de la membrane intermédiaire compris dans les limites assignées. La portion de cette dernière qui entoure le rudiment en forme de fossette de la cavité viscérale, n'entre point en contact avec la membrane muqueuse ; car cette dernière, formant une surface parfaitement plane, couvre d'abord l'ouverture postérieure de la fosse, et, quand celle-ci s'agrandit en avant, la paroi tendue au-devant d'elle, loin de céder et de la suivre, s'atrophie, d'où résulte, dans la membrane muqueuse, un vide qui correspond à l'ouverture de la fosse. La portion céphalique de la cavité viscérale se développe donc indépendamment de la membrane muqueuse, et l'ouverture qui se produit dans cette dernière est le futur abouchement de l'œsophage dans l'estomac, c'est-à-dire le cardia, où commence l'organe central de l'assimilation.

Après la formation du rudiment de la membrane muqueuse, le *cumulus* n'a plus de rôle à jouer dans le développement de l'embryon. Jusqu'ici c'était un disque arrondi de cellules provenant de la cavité vitelline, entassées les unes contre les autres, et ayant une prédisposition toute particulière à produire couche par couche les rudiments membraniformes de l'embryon. Au terme où nous sommes arrivés, il devient complétement superflu. A la vérité, on aperçoit encore pendant quelque temps, au-dessous de l'embryon, une masse blanchâtre de cellules ; mais cette masse n'est plus composée que des cellules ordinaires de la cavité vitelline, la plupart n'ayant pas subi de notables changements ; elle n'a même plus de connexion intime avec l'embryon, et représente tout simplement les cellules de la cavité vitelline dans le canal étendu de cette cavité au disque proligère, cellules qui paraissent blanchâtres quand elles se trouvent rapprochées les unes des autres, mais qui, relativement à l'embryon, n'offrent rien par quoi elles se distinguent des autres cellules.

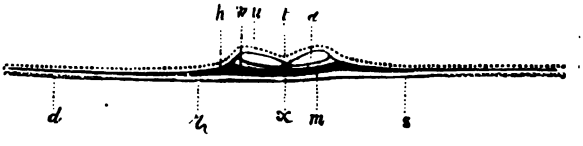
Au reste, durant le développement des divers rudiments embryonnaires dont il a été question jusqu'ici, outre la membrane cellulaire qui se produit aux dépens du contenu globuleux, on remarque de jeunes générations de cellules dans les cellules mères.

Les moitiés primitives membraniformes du système nerveux central ont de la tendance à se contracter et à se réunir vers la ligne médiane, parce que les futures enveloppes des centres nerveux, qui se développent de la membrane intermédiaire, croissent en même temps que ces centres. Lorsque l'union commence à s'établir, la forme ovale change : une échancrure latérale apparaît à peu près dans le milieu de sa longueur. C'est le premier indice de séparation entre le cerveau et la moelle épinière. Chez le poulet, la réunion des deux moitiés primitives commence au cerveau, et gagne peu à peu la moelle épinière. Pendant que les parties centrales se contractent, elles deviennent un peu plus épaisses, et s'élèvent en même temps, surtout à leur bord externe, soutenues par les enveloppes qui poussent au-dessous d'elles ; la gouttière primitive se convertit en un sillon, bordé de deux renflements, que protége la membrane enveloppante, et au-dessous d'elle se prononce le rudiment du système vertébral. La réunion des moitiés primitives du système nerveux

consiste en ce qu'elles entourent le sillon dorsal par leurs bords externes confondus ensemble. C'est au cerveau, et à son extrémité antérieure, qu'elle commence. Une fois qu'elle est achevée, le système nerveux central représente un tube complet.

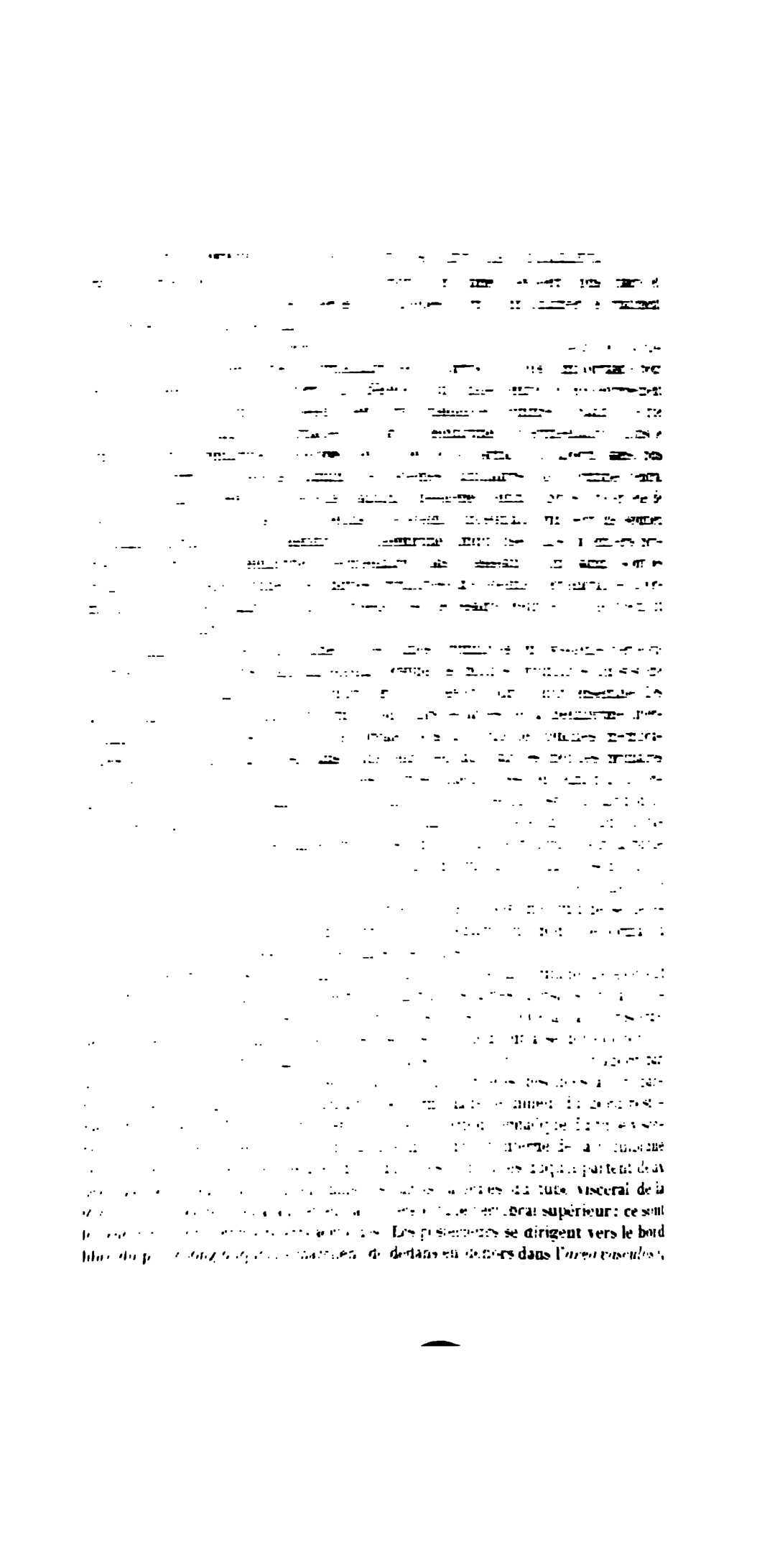
Portion centrale et portion périphérique des membranes. Il faut distinguer, dans la membrane intermédiaire, une portion centrale et une portion périphérique. La première a formé en devant la partie antérieure de la cavité viscérale : l'autre est la continuation située au-dessous de la membrane enveloppante. Cette portion périphérique forme un anneau correspondant au pourtour de la future *area vasculosa*. Au-dessous de la partie centrale se trouve la membrane muqueuse ; le prolongement de celle-ci est la couche corticale du jaune, située, tout auprès de l'embryon, à la face inférieure de la portion périphérique de la membrane intermédiaire, et plus loin à la face interne de la membrane enveloppante. Ainsi, à l'endroit même de l'embryon, on distingue de dehors en dedans d'abord la membrane enveloppante, puis les parties centrales du système nerveux, ensuite la portion centrale de la membrane intermédiaire, avec la corde dorsale, enfin la membrane muqueuse. Autour de l'embryon, il y a trois couches ; savoir, de dehors en dedans, la membrane enveloppante, la portion périphérique de la membrane intermédiaire, et la couche corticale du jaune, prolongement de la membrane muqueuse. Plus en dehors encore, et sur tout le reste du jaune, à partir de la limite externe de la partie périphérique de la membrane intermédiaire, on ne remarque plus que deux couches, la membrane enveloppante et la couche corticale du jaune, prolongement de la membrane muqueuse (1).

Fig. 253.



La couche corticale du jaune, avec sa partie centrale, la membrane muqueuse, est ce que les prédécesseurs de Reichert appelaient le feuillet muqueux de la membrane proligère. Elle se compose de cellules de la cavité vitelline sous leur forme la plus simple et dans divers états de métamorphose. Plus elle se rapproche de l'*area vasculosa*, plus les métamorphoses du développement sont avancées. A plusieurs lignes de l'*area vasculosa*, une partie annulaire de cette couche corticale se fait remarquer par une transparence plus grande et une couleur plus blanche ; en cet endroit, une partie des cellules se sont métamorphosées en cellules mères. Cette transformation est plus marquée encore au-dessous de l'*area vasculosa*. Sur la

(1) La figure 253 représente, d'après Reichert, un embryon chez lequel les organes accessoires de l'organe central de la vie animale se sont déjà développés de la membrane intermédiaire. Coupe transversale, derrière la portion céphalique de cette membrane : *a* moitiés primaires du système nerveux central ; χ corde dorsale ; *u* membrane enveloppante ; *m* membrane intermédiaire : ζ son centre et sa partie périphérique ; *t* sillon dorsal ; *w* lames primaires du système vertébral ; *h* portion plus épaisse, au centre de la membrane intermédiaire, où s'appliquent les rudiments du système cutané, aux deux côtés des lames primaires du système vertébral ; *s* rudiment de la membrane muqueuse ; *d* couche corticale du jaune dans l'*area vasculosa*.



pour gagner la portion périphérique de la membrane intermédiaire : ce sont les principaux troncs veineux. Les vaisseaux et le cœur ne sont d'abord que des amas de cellules libres et peu serrées les unes contre les autres, sans cavité intérieure. Peu à peu, la surface extérieure devient plus ferme, et le cœur, qui a pris la forme d'une S, commence à exécuter très lentement des contractions rhythmiques, afin de chasser les cellules amassées dans son intérieur, et de les faire passer dans les premiers arcs aortiques : des cellules nouvelles y affluent de l'intérieur des principaux troncs veineux. Les premières cellules sanguines ne diffèrent en rien des petites cellules de tous les autres tissus; elles sont arrondies, avec un noyau finement granulé et des nucléoles; on aperçoit de petites granulations dans leur intérieur.

Pendant que la base du système vasculaire, avec les cellules sanguines, se produit dans l'*area germinativa*, une nouvelle génération se développe dans les cellules de la portion périphérique de la membrane intermédiaire, qui s'étend dans l'*area vasculosa*. Avant l'apparition des îles de sang, l'apparition périphérique de la membrane intermédiaire, examinée à un grossissement de quatre cent cinquante diamètres, ne montre que de petites cellules uniformément placées à côté les unes des autres, sans nulle substance intercellulaire. Lorsque les contractions du cœur commencent, les îles de sang ne tardent point à paraître, et la portion périphérique de la membrane intermédiaire montre une accumulation irrégulière de cellules. Entre les points obscurs et irréguliers de la membrane, on en distingue encore d'autres plus clairs, dans lesquels les cellules sont placées simplement à côté les unes des autres, et ont un peu agrandi leur paroi celluleuse, comme s'il était question de produire une membrane. Aperçoit-on déjà des carrières de vaisseaux dans l'*area vasculosa*, les points plus clairs sont devenus tout à fait transparents : on distingue des noyaux isolés de cellules; cependant les contours des parois des cellules sont tellement adhérents qu'on ne peut plus reconnaître aucune cellule; mais les masses irrégulières et obscures s'annoncent comme des carrières pleines de cellules sanguines, les veines de l'*area vasculosa*. Vers cette époque, les carrières de sang les plus ténues contiennent toujours plusieurs cellules sanguines rangées à côté les unes des autres. Indépendamment des troncs veineux, il se trouve aussi, dans l'*area vasculosa*, d'autres carrières sanguines, qui marchent entre la portion périphérique de la membrane intermédiaire et la couche corticale sous-jacente du jaune. Les parois de ces vaisseaux sont en grande partie formées par la couche vitelline elle-même : ce sont les artères vitellines. Il est probable que les jeunes cellules produites par les cellules du jaune servent à remplacer les cellules sanguines. Au reste, les cellules de la cavité vitelline sont quatre à six fois plus grosses que celles du sang, et par conséquent ce ne sont assurément point elles qui constituent directement ces dernières.

L'aorte marche entre les lames primitives du système vertébral et le reste de la membrane intermédiaire. Après un court trajet, elle se divise en deux branches terminales. A peu de distance de la bifurcation, les branches fournissent les troncs principaux des artères vitellines.

Le rudiment de la membrane muqueuse ne reçoit pas de vaisseaux sanguins. Ses cellules se multiplient par génération de petites cellules dans leur intérieur, mais le développement marche d'une manière lente. Le contenu globuleux de ces

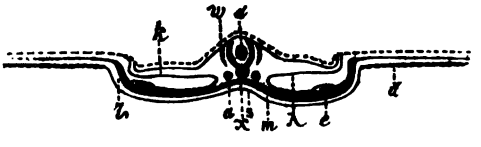
cellules se convertit peu à peu en un liquide transparent : il se forme de jeunes noyaux, qui se développent en petites cellules, lesquelles finissent par se métamorphoser en cellules coniques de la membrane muqueuse de l'animal parfait. Après que le tube vertébral supérieur a été clos par la *membrana reuniens superior*, on aperçoit une tendance manifeste à produire la *membrana reuniens inferior*.

Amnios. L'amnios est une dépendance de la *membrana reuniens inferior*. Il apparaît d'abord sous la forme d'une languette entourant le capuchon céphalique, à l'endroit où les membranes se continuent avec leur portion périphérique. Cependant il ne naît pas par un pli du feuillet séreux des auteurs (membrane enveloppante de Reichert), mais par un feuillet particulier, qui se détache ici de la membrane moyenne et qu'entoure un pli de la membrane enveloppante. Cette production croît de manière à entourer la tête de l'embryon. Dans le même temps, les lames destinées à former l'amnios se sont séparées de la membrane intermédiaire au pourtour de la portion ventrale du tube vertébral supérieur. A l'extrémité postérieure, où elles se confondent ensemble, elles forment aussi le capuchon

Fig. 254 (1).

Fig. 255 (2).

Fig. 256 (3).



(1) La figure 254 représente, d'après Reichert, une coupe pratiquée au milieu de la portion ventrale : λ ombre qui indique la fente de séparation entre la *membrana reuniens inferior* et la membrane intermédiaire, réfléchie vers le bas ; *t* ombre par laquelle les lames dorsales se limitent du système cutané ; *e* lumière du tronc de la veine vitelline ; *a* lumière de la branche terminale de l'aorte ; le reste comme dans la figure précédente.

(2) La figure 255 représente la même coupe sur un embryon un peu plus âgé : *h* système cutané du tube vertébral supérieur, se continuant avec celui de l'inférieur, qui s'est élevé comme feuillet amniotique ; *k* feuillet de l'amnios ; λ au côté gauche, fente entre le feuillet amniotique et la *membrana reuniens* (ζ), devenue déjà un vide.

(3) La figure 256 représente la même coupe sur un embryon encore plus avancé : *k* feuillets de l'amnios, séparés complétement du centre de la membrane intermédiaire par un vide, et ayant déjà leurs extrémités tournées en haut ; λ le vide entre les feuillets de l'amnios et le centre de la membrane intermédiaire, qui devient cavité ventrale.

caudal. De toute la circonférence du système cutané de l'embryon on voit ainsi se détacher une lame qui, à l'endroit où elle semble vouloir limiter la cavité du tronc, se réfléchit sur le dos. La coalescence de ces lames au-dessus du dos convertit l'amnios en un sac.

En même temps que les extrémités des lames de l'amnios se soudent ensemble, la membrane enveloppante, qui a décrit un pli pour les revêtir, se trouve en quelque sorte étranglée, comme il arrive lors de la réunion de moitiés primitives du système nerveux. La portion plus grande qui reste à l'extérieur et qui, en fermant le vide, rétablit la continuité, constitue alors ce qu'on nomme le feuillet séreux, et continue de jouer le rôle de membrane enveloppante. Le sac inclus dans la cavité de l'amnios peut encore être retrouvé pendant quelque temps; mais il paraît finir par s'effacer entièrement. Le détachement des lames de l'amnios s'opère à peu près dans le milieu jusqu'à l'endroit où les gros troncs vasculaires s'insinuent entre le système vertébral et la membrane intermédiaire. Là se trouve maintenue la connexion entre le système animal et les autres structures non encore développées, qui sont représentées maintenant par la membrane intermédiaire.

Lorsque le cerveau a acquis près de la moitié de son étendue sur la portion céphalique du tube viscéral, on voit les lames viscérales commencer à se développer de haut en bas, et partir des lames primitives du système vertébral, là où les lames dorsales se portent vers le haut. A la portion céphalique de l'embryon, elles apparaissent sous la forme de prolongements viscéraux, qui croissent de haut en bas (ce qu'on appelle les arcs branchiaux), et qui se réunissent peu à peu en trois arcs viscéraux.

Fig. 257 (1).

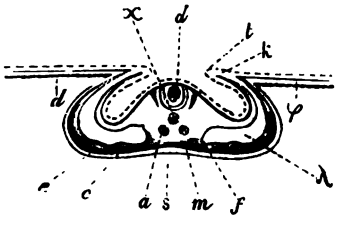
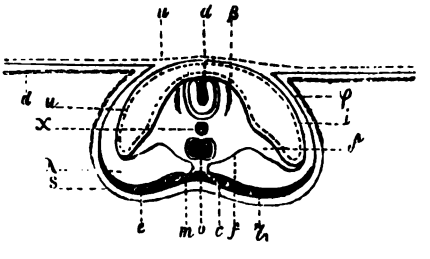


Fig. 258 (2).



(1) La figure 257 représente une coupe transversale, faite à peu près à la même région que la précédente, sur un embryon plus âgé. La formation de l'amnios a fait déjà plus de progrès. Les corps de Wolff sont en train de se développer : *t* pli de la membrane enveloppante, porté en haut par le feuillet de l'amnios; *k* les feuillets de l'amnios se sont déjà élevés au-dessus du dos de l'embryon, et entraînent avec eux la membrane enveloppante, l'*area vasculosa*, et même le centre de la membrane intermédiaire; λ vide de la cavité abdominale future; *f* corps de Wolff, qui, dans le vide λ, se développent de la nouvelle surface de la portion ventrale de la membrane intermédiaire, aux deux côtés des branches terminales de l'aorte; *c* tronc principal des artères du jaune, artère omphalo-mésentérique.

(2) La figure 258 représente une coupe faite plus près de l'extrémité céphalique, immédiatement derrière le cœur. L'amnios est achevé, et l'on voit les lames viscérales qui y tiennent : *i* enveloppe amniotique, dont la cavité est tapissée par la portion étranglée de la membrane enveloppante (*u*); β région des lames dorsales, *f* celle des lames viscérales; *o* aorte formée par ces deux troncs principaux de l'arc aortique; γ portion adhérente des lames latérales du centre de la membrane intermédiaire, représentant le mésentère.

Après le développement de ces arcs et des trois arcs aortiques qui sont en rapport avec eux, le cerveau, avec son enveloppe, se dilate de plus en plus en avant; il est suivi par les trois arcs viscéraux qui correspondent aux vertèbres crâniennes, et le cœur, avec les arcs aortiques, semble se retirer en arrière, à cause du développement que la portion cervicale de l'embryon acquiert au-dessous de la tubérosité nuchale.

Les lames viscérales demeurent appliquées immédiatement au système cutané, qui se continue, comme *membrana reuniens*, avec l'amnios. Leur apparition est le signal de la clôture du ventre, et, pour l'opérer, le système cutané marche à leur rencontre. La base de l'amnios s'étend de tous côtés, de manière à embrasser les viscères déjà existants, ou ceux qui sont en train de se former, et produit ainsi une ouverture ombilicale, dont le diamètre va sans cesse en diminuant. La sphère vitelline, embrassée par la portion périphérique de la membrane intermédiaire, communique avec l'embryon à travers cette ouverture. Ainsi, à l'abdomen, le système cutané prend sa fonction originelle de *membrana reuniens inferior;* les lames viscérales le suivent. De là résulte aussi que le cœur se trouve enfermé par-devant, la base du capuchon céphalique s'étendant en arrière. Les membres se montrent à l'extrémité antérieure et à l'extrémité postérieure de la cavité ventrale, sous la forme de languettes proéminentes au côté externe des lames viscérales.

Corps de Wolff et allantoïde. Les corps de Wolff (1), ou reins primitifs du fœtus, se montrent, sous la forme allongée qu'on leur connaît, aux côtés de l'aorte et de ses deux branches terminales, depuis la région du cœur jusqu'à l'extrémité caudale. Leur développement diminue encore la connexion entre la membrane intermédiaire et le système vertébral, car il la réduit à l'espace compris entre eux deux. Les parois latérales de la membrane intermédiaire sont en même temps refoulées vers le bas, et pendent de la ligne médiane du corps, sous la forme d'un plan incliné (lames du canal intestinal).

Lorsque les corps de Wolff ont acquis assez de développement pour qu'on en apprécie sans peine les rudiments, que l'amnios s'est déjà presque clos, qu'on aperçoit les vestiges des membres, mais que la membrane intestinale n'a point encore commencé à se clore, on voit apparaître, à l'extrémité postérieure de ces corps, entre les lames viscérales, continues l'une à l'autre sur ce point, et la membrane intermédiaire refoulée vers le bas, deux élévations, qui sont d'abord séparées par la queue recourbée en dessous. Ces proéminences arrondies, produites par des amas de cellules, sont les rudiments de l'allantoïde; on peut suivre, sur le bord interne de chaque corps de Wolff, une mince languette qui aboutit à chacune des proéminences, et qui est le conduit excréteur de ce corps. Les deux rudiments de l'allantoïde se rapprochent peu à peu, et se soudent ensemble, en formant une élévation d'abord large et un peu déprimée. Cette élévation ne tarde pas à faire des progrès, et prend l'aspect d'une vésicule dont on connaît le développement ultérieur et le système vasculaire. Son apparition a pour résultat d'éloigner la membrane enveloppante de l'amnios et de la portion périphérique de la membrane intermédiaire qui embrasse peu à peu le jaune. L'allantoïde ne naît donc ni de la

(1) Coste, *Recherches sur les corps de Wolff chez les mammifères et les oiseaux*. Paris, 1849, in-8°. — E. Follin, *Recherches sur les corps de Wolff*. Paris, 1850, in-4°.

membrane muqueuse, ni du système intestinal, qui n'est point encore formé à cette époque ; elle doit naissance à des cellules qui poussent sur la partie postérieure des corps de Wolff.

Rudiment du foie et du pancréas. Le rudiment du foie et du pancréas ne devient visible que quand le centre de la membrane intermédiaire commence à se séparer de la portion périphérique. Cette séparation s'aperçoit d'abord en devant, où la membrane intermédiaire fait corps avec la portion céphalique de la cavité viscérale, qui déjà s'était isolée ; il en résulte une cavité qui se transforme plus tard en estomac. Cette cavité s'ouvre postérieurement dans le sac vitellin ; elle est formée par le centre de la membrane intermédiaire. L'aorte marche à sa partie supérieure, et en bas elle est limitée par l'extrémité postérieure du cœur. Dans cette dernière région, mais cependant à la surface du centre de la membrane intermédiaire, là où les troncs des veines vitellines arrivent au cœur, on découvre deux élévations, d'abord d'égale largeur, qui sont les lobes du foie, et en outre la matière plastique destinée à produire le pancréas. Ces rudiments n'ont absolument aucune communication avec la cavité du centre de la membrane intermédiaire : ce sont seulement des masses de cellules qui poussent de la surface de cette dernière, et on peut les enlever sans endommager la cavité. Pendant que le rudiment grossit, et acquiert aussi des connexions avec le tronc principal des veines vitellines, la membrane intermédiaire s'est séparée peu à peu de la masse, et maintenant elle procède au dernier de ses actes, le développement du système intestinal. La connexion qui existait d'abord entre la membrane intermédiaire et le rudiment du foie et du pancréas cesse de très bonne heure, et ces organes se développent d'une manière indépendante. Il s'opère dans le foie une vive et rapide production de cellules, par suite de laquelle la glande augmente de volume. Cette production de cellules continue même encore plus tard, lorsque l'accroissement du foie n'est plus que proportionné à celui des autres parties, et, dans toutes les parties de cet organe, on trouve, comme chez la grenouille, des cellules mères, des noyaux et de jeunes cellules à tous les degrés de formation. La nouvelle génération de ces cellules est-elle employée à accroître la masse du sang ?

En même temps que le foie, on aperçoit les rudiments des poumons. Ils affectent la forme de deux masses arrondies de cellules placées des deux côtés de la cavité du centre de la membrane intermédiaire, au-dessus du foie, dans le voisinage de la colonne vertébrale. On peut les suivre en devant jusqu'à l'endroit où cesse la portion céphalique de la cavité viscérale, dans la substance plastique de laquelle ils se perdent. Leur situation à la surface libre de la membrane intermédiaire dans la cavité abdominale pourrait donner à penser que leurs rudiments se sont développés de cette même membrane : cependant le point d'où ils tirent leur origine est à la région postérieure de la portion céphalique de la cavité viscérale.

Système intestinal. Nous faisons une distinction entre la membrane muqueuse, comme organe central de la vie végétative, et le système de tuniques qui l'accompagne, et qu'on nomme dans la suite système intestinal. Pendant la première période du développement de l'embryon, la portion céphalique du système intestinal est soustraite, par la séparation de la membrane intermédiaire, à l'influence directe de la membrane muqueuse, et elle tombe, avec toute la portion céphalique du tube viscéral, sous celle du système animal. La cavité de la portion céphalique

du tube viscéral devient cavité de la bouche, du pharynx et de l'œsophage, de sorte que l'appareil respiratoire s'ouvre plus tard dans cette excavation.

La gouttière peu profonde que laissent entre eux les premiers rudiments des lames viscérales à la région abdominale renferme le centre de la membrane intermédiaire, continu antérieurement avec la portion céphalique. Entre elles et les lames viscérales sont étendus les corps de Wolff. Les moitiés latérales du centre de la membrane intermédiaire s'épaississent et tendent à se réunir ensemble. La réunion commence d'abord en avant, puis en arrière, et s'étend ensuite aux parties comprises entre les deux extrémités. Avant cette époque, le centre de la membrane intermédiaire ne faisait qu'un avec la sphère vitelline, par le moyen de la portion périphérique; mais, au moment où l'union dont il s'agit ici commence à s'effectuer, ce centre s'élève au-dessus du jaune sous la forme d'un toit, dont la crête est unie à l'embryon, sous la colonne vertébrale, par l'aorte et ses branches terminales. Ce toit devient peu à peu un canal, qu'une large ouverture fait communiquer avec la cavité du jaune. Peu à peu la séparation fait des progrès, la cavité du canal intestinal grandit, l'ouverture de communication avec la cavité vitelline diminue, et elle finit par se réduire à un canal fort étroit.

A la formation du canal intestinal succède la clôture de la cavité du tronc au ventre. Cette clôture résulte de ce que la base de l'amnios se prolonge en avant, comme *membrana reuniens inferior*, et de ce que les lames viscérales viennent en même temps à sa rencontre. Ainsi se trouve produite l'ouverture ombilicale, d'abord large, de laquelle part actuellement l'amnios.

Fig. 259 (1).

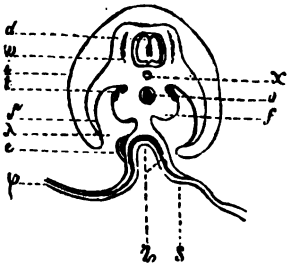
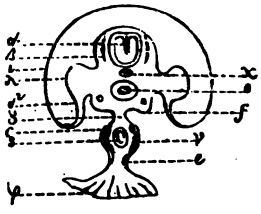


Fig. 260 (2).



Le mésentère se forme absolument de la même manière que chez la grenouille. A l'exception de la corde dorsale, qui n'a qu'une existence temporaire, la membrane muqueuse est le seul organe important du fœtus qui se produise, s'agrandisse et se perfectionne sans le concours du système sanguin. Elle reçoit son enveloppe du centre de la membrane intermédiaire. La portion périphérique de cette

(1) La figure 259 représente, d'après Reichert, une coupe de la région ventrale d'un embryon chez lequel l'acte de séparation du centre de la membrane intermédiaire à la portion abdominale commence : ι endroit des corps de Wolff où se trouvent leur conduit excréteur, la veine cardinale (cave inférieure) de Rathke, et plus tard le canal excréteur des organes génitaux; ζ lames latérales du centre de la membrane intermédiaire.

(2) La figure 260 représente une coupe faite immédiatement derrière le cœur. L'embryon est un peu plus âgé que le précédent; λ membre antérieur; ν centre clos de la membrane intermédiaire à la région ventrale; il représente maintenant la tunique de l'intestin. Dans sa cavité se trouve la membrane muqueuse.

dernière s'est étendue peu à peu sur le jaune entier, qu'elle enveloppe de toutes parts, sauf une petite place ronde. La couche corticale du jaune entre en connexion intime avec cette portion périphérique. Les artères vitellines, qui en partent, produisent, dans l'intérieur du jaune, les anses vasculaires connues sous le nom de *vasa lutea*. Le jaune est descendu alors au rôle subalterne de matière nutritive, et le contenu de ses cellules a changé, car, lorsqu'on écrase celles-ci, il ne se présente plus que sous la forme d'une masse grasse cohérente.

CHAPITRE III.

Du développement des mammifères et de l'homme.

Œuf des mammifères.

Le passage de l'œuf de l'ovaire dans la trompe s'effectue parfois dans l'espace de quelques heures après l'union des sexes (1). Barry, par exemple, a remarqué qu'il avait lieu au bout de neuf à dix heures chez les lapines (2). Dans certains cas, cependant, il exige un laps de temps de vingt-quatre heures, ou même de plusieurs jours. Graaf a vu des œufs de lapine sortis trois jours après la copulation (3). Cruickshank en a trouvé le troisième jour dans les trompes, et le quatrième dans la matrice (4); Coste, au bout de vingt-quatre heures, dans la matrice (5); Wharton Jones (6) a rencontré les œufs d'une lapine dans les trompes deux jours après la fécondation; chez un de ces animaux, qui fut ouvert quarante et une heures après le coït, il n'y avait pas encore d'œufs dans les trompes, non

(1) Comme les ovules des mammifères sont très petits, on a beaucoup de peine à les découvrir dans la trompe. Bischoff indique à cet égard les précautions suivantes. D'abord, il conseille de choisir la chienne, parce que, le jaune de ses œufs étant très dense, ce qui le fait paraître blanc à la lumière incidente, on l'aperçoit bien plus aisément que celui de lapine, de truie, de brebis ou de vache, qui, ayant un jaune moins épais, est par cela même plus translucide. L'animal étant mis à mort, on débarrasse la trompe de son péritoine, avec l'instrument tranchant et des ciseaux, sans exercer ni pression ni distension; puis on étend l'organe sur une plaque de cire noire ou rouge. On la fixe à l'aide de deux épingles; on la fend d'un bout à l'autre avec des ciseaux; on étale les bords de l'incision à l'aide d'aiguilles fines, et l'on examine la membrane muqueuse à une bonne lumière, sans loupe. Les œufs se montrent sous la forme de petits points blancs. Chez la lapine, la transparence des ovules, la minceur et la pellucidité de la trompe permettent de recourir à la lumière transmise et à la loupe; après avoir ouvert le conduit, on l'étale sur une plaque de verre; on fait arriver la lumière par dessous, et l'on promène une loupe grossissant dix à douze fois. Bischoff blâme la méthode de Cruickshank et de Barry, qui consiste à couper la trompe en travers, sans la fendre, et à la presser doucement, pour en faire sortir les ovules. Il ne veut pas non plus qu'on manipule sous l'eau, qui fait subir de si grands changements aux ovules, qu'on pourrait être par là entraîné aux plus graves erreurs. Pour étudier les ovules détachés et placés sur une petite plaque de verre, on y ajoute le mucus de la trompe elle-même, ou, à son défaut, du sérum de sang, de l'humeur aqueuse, de l'humeur vitrée ou du liquide amniotique; mais ces liquides, quoique bien préférables à l'eau, ne tardent pas à provoquer des changements. (*Note du trad.*)

(2) *Philos. Trans.*, 1840, p. 311.

(3) *Opera omnia*, p. 215.

(4) *Philos. Trans.*, 1797.

(5) *Générat. des mammifères.* Paris, 1834, p 31.

(6) *Philos. Trans.*, 1837. p. II. p. 339.

plus que dans la matrice. Prevost et Dumas (1) ont trouvé les ovules de deux chiennes dans la matrice huit jours après l'accouplement; chez l'une d'elles, il y en avait un aussi dans l'une des trompes.

D'après les recherches de Bischoff (2) sur des chiennes, l'époque à laquelle les œufs sortent de l'ovaire varie beaucoup. Vingt heures après l'accouplement, il a trouvé les vésicules d'un de ces animaux encore closes et contenant les œufs. Dans un autre cas, au bout de vingt-quatre heures, les vésicules venaient seulement de s'ouvrir, et, des ovules, l'un se trouvait encore à nu sur l'ovaire, entre les franges, tandis que les autres étaient dans le commencement des trompes. Ailleurs, les follicules étaient crevés au bout de trente-six heures, et les œufs dans le milieu des trompes. Ailleurs encore, quinze jours après le dernier accouplement, depuis lequel la chienne n'avait pas reçu le mâle, les œufs et les vésicules de Graaf se trouvaient précisément à la période précédente. Chez d'autres chiennes, du cinquième au huitième jour, ils étaient déjà dans le tiers inférieur des trompes, ou même dans la matrice (3).

Le chevreuil offrirait, dit-on, une exception fort remarquable et unique, eu égard au temps qui s'écoule entre la fécondation et le moment où les œufs abandonnent l'ovaire. Le rut dure, chez cet animal, depuis la fin de juillet jusqu'à la fin d'août : or, d'après les nombreuses recherches de Pockels (4), les œufs ne

(1) *Anat. des sc. nat.* Paris, 1824, t. III, p. 132.

(2) *Développement de l'homme et des mammifères*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris 1845, p. 35, 579, 580. — *Encyclopédie anatomique*, t. V, p. 426.

(3) Depuis qu'il semble bien prouvé que l'influence du sperme ne contribue point à la sortie des ovules de l'ovaire, on n'a plus d'intérêt à rechercher combien de temps s'est écoulé entre l'accouplement et la rencontre de ces petits corps dans les trompes, où très probablement ils descendent, sinon toujours, du moins la plupart du temps, avant l'union des sexes, de manière que c'est là surtout qu'ils seraient rencontrés et fécondés par le sperme. Chez la femme en particulier, il paraît que la sécrétion sanguine de la matrice commence lorsque l'œuf est encore enfermé dans sa vésicule, et qu'il n'en sort, sauf toutefois quelques exceptions, qu'à la fin de cet écoulement, époque à laquelle on sait depuis longtemps, par l'expérience, que les chances de conception sont plus nombreuses qu'en tout autre temps. (*Note du trad.*)

(4) Les observations de Pockels (Mueller's *Archiv*, 1836, p. 183) ont été faites du 15 juillet 1833 au 15 février 1834, sur 54 femelles de chevreuil, dont on sacrifia une par semaine, depuis le 1er juillet jusqu'au 15 décembre, et deux à six par semaine, depuis Noël jusqu'au milieu de février. Pendant le mois d'août, on remarqua une turgescence de la matrice et de ses membranes, avec accroissement de la sécrétion muqueuse dans son intérieur ; mais les ovaires n'offraient rien de particulier, si ce n'est d'anciens corps jaunes, et parfois quelques vésicules de Graaf développées, quoique encore éloignées de la surface. Du commencement de septembre au milieu de décembre, les phénomènes n'existaient plus du côté de la matrice, dont la membrane muqueuse n'était ni plus ni moins rouge qu'en juillet. La surface et l'intérieur des ovaires n'offraient aucun changement appréciable ; nulle trace d'œufs dans les trompes ni d'embryon dans la matrice. Au commencement de décembre, on trouvait, en général, une vésicule de Graaf très gonflée, formant une saillie conique à la surface de l'ovaire, et sur le point de se déchirer. Le 7 janvier, on découvrit dans la matrice deux embryons, longs d'au moins quinze lignes, qui, d'après leur développement, devaient remonter au moins à un mois. Or des expériences antérieures (Wiegmann's *Archiv*, 1835, p. 195) avaient établi que l'époque de la fécondation remonte à une époque comprise entre la fin de juillet et la fin d'août. D'après les observations de L. Ziegler (*Beobachtungen ueber die Brunst und dem Embryo der Rehe*, Hanovre, 1843), le rut tombe en juillet et août. A cette époque, les œufs descendent dans la trompe. Il les a trouvés au commencement de ce canal vers la fin d'août, et à l'extrémité inférieure le 6 novembre. En décembre seulement, il

quitteraient les follicules de Graaf qu'au mois de décembre pour passer dans les trompes. Quatre mois s'écouleraient donc après la fécondation sans qu'ils commençassent à se développer.

Les premiers changements que l'ovule subit dans la trompe et dans la matrice ont été décrits par Cruickshank, Prevost et Dumas, Baer, Coste, Wagner, Wharton Jones, Barry et Bischoff.

Graaf, qui avait trouvé en 1672 les ovules dans la trompe, chez la lapine, les disait formés de deux vésicules incluses l'une dans l'autre : *minutissima ova quæ, licet perexigua, gemina tamen tunica amiciuntur* (1). Cruickshank, qui les avait rencontrés au même endroit et chez le même animal, vers la fin du troisième jour et au commencement du quatrième, les décrit comme composés de trois enveloppes emboîtées les unes dans les autres. Prevost et Dumas n'ont pas donné une description précise des plus jeunes œufs rencontrés par eux dans les cornes utérines des chiennes; mais les figures qu'ils en ont produites (2) offrent des granulations régulièrement pourvues d'un point nucléal; ils disent avoir observé cet endroit grenu au côté supérieur de l'œuf; cependant on ne sait pas s'il s'agit réellement là d'une chose située au dedans de l'œuf, car Prevost et Dumas parlent de caduque. Parmi ces granulations, on remarque la figure d'une tache arrondie et blanche, qu'ils comparent à la cicatricule.

Baer (3) a examiné les ovules de la chienne, tirés de la matrice avant la formation de l'embryon. Ils étaient composés d'une membrane extérieure et transparente, dont la surface présentait çà et là des aspérités peu saillantes, et d'une membrane interne offrant de petites figures annulaires, dans lesquelles un grossissement plus considérable faisait reconnaître des cercles de granulations, phénomène dont nous devons l'explication à Bischoff. En outre, on apercevait une tache ronde et trouble. Baer regardait la membrane interne et semée de granulations

les a rencontrés dans la matrice; le 16 de ce mois, c'étaient de petites vésicules de 1/2 à 1/4 de ligne de diamètre; le 26, ils avaient 6 lignes. Les plus petits embryons furent vus au commencement de janvier; ils avaient 9 lignes de long; en février, 2 pouces; en mars, 6 pouces. D'après cela, la gestation durerait en tout 40 semaines, dont au moins trois mois seraient employés par les œufs à parcourir les trompes. Du mois d'avril au mois de novembre, on trouva des zoospermes chez les mâles. Ces observations, plus précises que celles de Pockels, quoiqu'elles laissent encore à désirer, sont confirmées par Bischoff, qui, au milieu de septembre 1831, trouva, chez deux chevreuils, des corps jaunes très développés, et qui constata également le fait en octobre et en novembre 1843; mais, dans aucun de ces quatre cas, il ne put voir d'œufs, ni dans la trompe ni dans la matrice. Le 17 décembre 1843, il rencontra des œufs, mais en partie détruits, dans la matrice d'une femelle. Le 4 janvier 1844, il observa un œuf et un embryon bien développés, ce dernier ayant six lignes de long. (*Note du trad.*)

(1) Des œufs que Graaf dit avoir trouvés, un seul était au milieu d'une trompe; les autres occupaient déjà le sommet des cornes de la matrice, et c'est d'après ces derniers qu'a été faite la description exacte qu'il en donne. Mais Bischoff n'ayant jamais, non plus que Barry, vu les œufs séparés les uns des autres par une distance telle que l'un d'eux fût encore au milieu de la trompe, les autres étant déjà parvenus dans la matrice, il pense que Graaf a été induit en erreur par quelques unes de ces vésicules limpides qu'offre assez souvent la membrane muqueuse utérine et tubaire, et qui ressemblent en effet aux œufs occupant le commencement de la matrice. (*Note du trad.*)

(2) *Ann. des sc. nat.*, 1824, III, tab. 5, fig. 2-3.

(3) *Epistola de ovi mammalium et hominis genesi.* Leipzick, 1827, p. 11.

comme membrane vitelline ; c'est la même que Coste considère comme membrane proligère. La tache était pour Baer la membrane proligère ou le germe.

Les œufs de lapine que Coste trouva dans la matrice au troisième jour après la fécondation avaient une ligne de diamètre. Au microscope, on apercevait une membrane grenue à la surface cutanée de l'enveloppe extérieure ou membrane vitelline. Cette membrane entourait le jaune entier devenu transparent. Le septième jour, Coste aperçut les premiers rudiments de l'embryon, sous la forme d'une tache composée de petits grains. Cette tache est située à la surface de la membrane germinative, et dans son tissu (1). Coste a donné ailleurs (2) les mêmes observations sur l'œuf de chienne, de lapine et de brebis.

R. Wagner examina les ovules de lapine, qui dataient des premiers temps après la fécondation, puisqu'on les avait trouvés dans la matrice sans qu'ils y fussent encore attachés. L'ovule était ovale, et long de deux lignes, sur une ligne et demie de large. Il se composait de deux membranes. L'externe était parfaitement transparente, sans structure, et d'ailleurs plus mince que la *zona pellucida* de l'ovule ovarique ; l'interne se détachait de la précédente, après l'immersion de l'ovule dans l'eau, et elle avait sa face interne parsemée de petits globules. Au milieu, on apercevait une tache formée de granulations qui semblaient s'être réunies en une membrane grenue. Cette description s'applique aussi à un ovule observé par Gurlt, dont Wagner a également donné la figure. Pour ce qui concerne la membrane externe de l'ovule, Wagner paraît prédisposé à adopter l'opinion de Baer, qui pensait qu'elle produit le chorion en se développant ; la seconde membrane, l'interne, était à ses yeux la membrane vitelline ou la membrane germinative elle-même, et la tache circulaire était la couche proligère (3).

Wharton Jones observa les œufs d'une lapine, dans les trompes, deux jours après la copulation ; ils étaient entourés d'une épaisse couche gélatineuse, qu'il rencontra également dans l'ovaire après la fécondation, mais qui ne lui paraît pas exister, avant celle-ci, comme enveloppe spéciale. Ce n'est pas de la membrane vitelline, mais de cette couche, que naît, suivant lui, le chorion (4).

Valentin (5) et Barry (6) décrivent aussi une membrane mince, qui se voit sur l'œuf contenu dans la trompe, et qui devient le chorion proprement dit. Cette membrane se produit pendant le passage de l'œuf à travers la trompe : c'est d'elle que naissent les villosités du chorion. Suivant Barry, la membrane vitelline disparaît par liquéfaction.

Les belles recherches de Bischoff (7) nous donnent un aperçu des changements graduels que la structure de l'œuf subit pendant qu'il traverse la trompe, et durant les premiers temps de son séjour dans la matrice.

Il est rare, chez les lapines, de rencontrer des ovules au-dessus de la première partie du conduit, qui a un pouce et demi de long. Ils ont encore là une très grande

(1) *Recherches sur la génération des mammifères.* Paris, 1834, p. 34.
(2) *Embryogénie comparée.* Paris, 1837.
(3) *Abhandlungen der baierschen Akademie*, t. II, 1837.
(4) *Philos. Trans.*, 1837.
(5) *Repertorium*, t. III, p. 190.
(6) *Philos. Trans.*, 1838, p. II, 1840.
(7) *Développement de l'homme et des mammifères.* Paris, 1843, p. 55 et suiv.

ressemblance avec ceux de l'ovaire. Ils sont entourés de la couche de cellules du disque proligère, qui déjà ne sont plus fusiformes. La zone transparente commence à se gonfler un peu. Elle continue encore d'être la seule enveloppe du jaune, qui ne la remplit plus entièrement; car, entre la face interne de cette zone et sa propre surface, s'est amassé un peu de liquide. Quand les œufs sont un peu plus avancés vers le milieu de la trompe, le disque, qui en accroît le volume et leur donne plus de blancheur, a disparu, ce qui les rend difficiles à trouver. A sa place, il commence à se former, autour de la zone, une couche de substance gélatineuse, parfaitement transparente, d'abord très peu abondante et difficile à reconnaître, qui augmente à mesure que les œufs descendent dans la trompe. La zone entoure encore le jaune sans avoir subi d'autre changement que d'acquérir une épaisseur plus grande, et le jaune continue d'être une masse compacte, qui ne la remplit pas entièrement. Celui-ci exécute alors autour de son axe un mouvement de torsion lent, mais continu, dû aux oscillations de cils très déliés dont sa surface est parsemée, et qui paraît ne plus avoir lieu à l'époque subséquente. Dans la seconde moitié et le tiers inférieur de la trompe, la couche d'albumine va toujours en augmentant, de sorte que l'ovule devient un corps hyalin, dont le centre est occupé par le jaune, figurant un petit point blanc et opaque. La zone continue encore de se gonfler un peu. Le jaune, au lieu de former une masse compacte et homogène, comme il l'avait fait jusqu'alors, se partage en plusieurs masses arrondies, dont le nombre augmente rapidement à mesure que l'œuf avance vers la matrice, en même temps que leur nombre diminue, de sorte qu'à l'extrémité de la trompe elles sont très petites et très nombreuses. Le jaune continue de se diviser ainsi lorsque l'œuf, entouré d'une forte couche d'albumine, parvient de la trompe dans la matrice. Il paraît, chez la lapine, employer deux jours et demi ou trois jours à traverser la trompe.

Chez la chienne, les œufs sont, dans la moitié supérieure de la trompe, tout à fait semblables à ceux de l'ovaire, et immédiatement entourés d'une couche du disque proligère, après laquelle vient la zone transparente, entièrement remplie par le jaune, qui est très dense, avec une teinte fort obscure. L'ovule conserve en général la même apparence au commencement de la seconde moitié de la trompe; toujours on découvre à sa périphérie les débris du disque proligère, dont néanmoins les cellules s'effacent de plus en plus, jusqu'à ce qu'elles finissent par disparaître; la zone a encore le même aspect, et le jaune aussi semble continuer de former une seule masse compacte, de couleur foncée. Bien certainement, chez la chienne, dit Bischoff, il ne se dépose pas d'albumine autour de l'œuf dans la trompe. Cependant cet œuf augmente peu à peu de volume, et la forme du jaune change: comme dans l'œuf des lapines, il ne remplit plus entièrement la cavité intérieure de la zone; sa surface se sillonne et se divise, à la vérité d'une manière peu sensible. Quand l'œuf atteint l'extrémité de la trompe, pour passer dans la matrice, il est devenu plus gros; à peine est-il encore entouré des derniers restes du disque proligère, il n'a point d'albumen, et son jaune est en train de se décomposer. Le temps qu'il emploie à parcourir la trompe est beaucoup plus long que chez la lapine; son passage s'effectue avec lenteur, surtout à travers le dernier tiers de la trompe.

Après cette description, que nous abrégeons beaucoup, Bischoff donne celle de l'œuf arrivé dans la matrice.

On a vu qu'à l'extrémité de la trompe l'œuf de lapine était entouré d'une forte couche d'albumine, la zone transparente gonflée, et le jaune divisé en de nombreuses sphères, qui lui donnaient l'apparence d'une mûre. Un peu plus tard, lorsque Bischoff tirait le jaune de la matrice, il ressemblait à une masse homogène de petites granulations remplissant entièrement le jaune. Dans les œufs plus avancés, la couche d'albumine existait toujours, et avait la même épaisseur qu'auparavant, mais elle s'était amincie, et une partie des globules du jaune s'étaient transformés en cellules, qui, accumulées à la face interne de la zone, commençaient à y former une membrane, que Bischoff appelle *vésicule blastodermique*, parce que c'est dans son intérieur qu'apparaissent les premiers vestiges du germe. Pendant que ces phénomènes se passent dans l'intérieur du jaune, la couche d'albumine va toujours en s'amincissant, et finit par ne plus constituer, avec la zone, qu'une enveloppe extérieure transparente et sans texture. L'ovule ressemble donc alors à une cellule parfaitement limpide, composée de deux vésicules appliquées l'une sur l'autre : l'externe est assez ferme et sans structure ; l'interne se montre composée de cellules polygones contenant des grains fins, de couleur pâle. C'est seulement vers le septième jour qu'on remarque, à la vésicule interne, la tache arrondie et bleuâtre à laquelle Baer donnait le nom de *cumulus proligère*. Au neuvième jour, l'ovule contracte une union intime avec la matrice, et peu de temps après on y distingue l'*area germinativa*, partagée en deux moitiés par une gouttière plus claire, c'est-à-dire la première trace de l'embryon.

Chez la chienne, l'œuf, à l'extrémité de la trompe, se composait de la zone transparente, entourée de quelques débris du disque proligère, et contenant le jaune divisé en un nombre déterminé de globules. Dans la matrice, il n'offre plus aucun vestige du disque, qui n'est pas, comme chez la lapine, remplacé par une couche d'albumine. A l'exception de cette particularité et de quelques autres peu importantes, il y a concordance entre les œufs des deux animaux, quant aux points essentiels, qui consistent : 1° en ce que l'enveloppe de l'œuf ovarique et de l'œuf tubaire devient, par le développement de villosités, avec le concours d'un albumen chez la lapine, sans ce concours chez la chienne, l'enveloppe par le moyen de laquelle l'œuf contracte des connexions intimes avec la matrice ; 2° en ce que, par l'effet d'un travail de scission et de formation de vésicules, les éléments du jaune produisent, dans l'intérieur de l'œuf, une vésicule sur un point de l'étendue de laquelle apparaît le germe. Cette vésicule est composée de deux feuillets. La première trace du germe consiste en une tache, d'abord ronde, elliptique, ensuite piriforme, dans laquelle les premiers linéaments de l'embryon apparaissent sous la forme d'une ligne claire ayant des amas de teinte obscure à ses côtés.

La première formation de l'embryon s'accomplit de la même manière que chez les oiseaux, comme il résulte des observations de Prevost et Dumas, et plus encore de celles de Bischoff. L'embryon des mammifères se comporte de même que celui des oiseaux à l'égard du sac représenté par la vésicule proligère. Le sac vitellin communique avec l'intestin, d'abord par une large ouverture, puis plus tard par un pédoncule, appelé omphalo-intestinal, qu'accompagnent également les vaisseaux omphalo-mésentériques. On lui donne communément le nom de *vésicule ombilicale* chez les mammifères. D'après les observations de Baer, ce sac a une couche vasculaire externe et une couche muqueuse interne, qui envoie en

dedans des prolongements villiformes, comme chez les oiseaux. L'amnios se comporte, à l'égard des lames ventrales, de même qu'il le fait chez les oiseaux, et l'on ne peut douter qu'il ne se produise de la même manière. L'allantoïde a aussi le même mode d'origine, ce qui ressort surtout des recherches de Baer, de Coste et de Bischoff; ses vaisseaux sont les vaisseaux ombilicaux.

Avant la formation de la vessie urinaire, l'allantoïde fait corps avec le bassinet commun aux conduits excréteurs des reins primordiaux ou corps de Wolff, aux uretères et aux parties génitales, et qui porte le nom de *sinus uro-génital*. C'est aux dépens de ce réservoir que se forme la vessie. A l'époque où elle s'est produite, elle tient à l'allantoïde par un pédicule appelé *ouraque*. En quittant l'ombilic cutané pour se réfléchir sur lui-même, et produire ainsi une vésicule qui entoure le fœtus, l'amnios fournit une gaîne aux parties qui sortent de l'ombilic. Par cette gaîne passent le pédicule de la vésicule ombilicale ou sac vitellin, les vaisseaux omphalo-mésentériques, le pédoncule de l'allantoïde, et les vaisseaux ombilicaux, qu'elle réunit par conséquent en un cordon commun, le *cordon ombilical*. Les vaisseaux de l'allantoïde s'étendent jusqu'au chorion, dans les villosités duquel ils pénètrent (1).

Fig. 261.

Chez les mammifères (lapins, chiens, ruminants, solipèdes, pachydermes), la matrice ne prend aucune part directe au premier développement des œufs arrivés dans son intérieur : seulement, dit Bischoff, elle est plus riche en vaisseaux. A cette époque, elle se trouve dans un état de turgescence, elle fournit des matériaux dont l'œuf s'empare par imbibition, et peut-être les villosités de la membrane muqueuse sont-elles plus développées. Ce n'est qu'au moment où paraît l'embryon que l'œuf entre en relation plus intime avec elle, et y devient adhérent : ce n'est non plus qu'à l'endroit de cette adhérence, et dans toute son étendue, que la membrane muqueuse utérine et les glandes qu'elle renferme acquièrent un développement extraordinaire.

La description qui vient d'être donnée de l'œuf des mammifères s'applique à la classe entière; car on trouve chez tous ces animaux une vésicule ombilicale (ou sac vitellin), un amnios et une allantoïde. Mais, pour ce qui concerne le développement relatif de ces parties, les divers ordres de la classe présentent des particula-

(1) La figure 261 représente, d'après Wagner, un embryon de taupe, long de trois lignes, dessiné à la loupe : *a* chorion ; *b* pédicule de l'allantoïde et vaisseaux omphalo-mésentériques ; *c* vésicule ombilicale et conduit omphalo-mésentérique *d* ; *e* intestin gastrique ; *f* intestin anal ; *g* œil, petit, mais bien marqué ; *h* branchies, qui s'effacent ; *i* vésicule auditive ; *k* extrémité antérieure ; *l* extrémité postérieure ; *m* corps de Wolff gauche ; *n* corps de Wolff droit ; *o* poumon, encore simple, adhérent à la trachée *p* ; *q* ventricule du cœur ; *r* oreillettes.

rités, que je mentionnerai brièvement, en faisant connaître historiquement les principaux progrès.

Rufus, d'Éphèse, distinguait, chez les animaux, l'amnios de l'allantoïde. Galien décrit, dans les œufs des ruminants, une enveloppe extérieure, qu'il nomme chorion; une seconde, appartenant au fœtus, qu'il appelle amnios; et une troisième, comprise entre les deux précédentes, qui communique avec la vessie urinaire par l'ouraque, et à laquelle il donne le nom d'allantoïde. G. Needham découvrit chez les chiens, les chats et les lapins, la vésicule ombilicale, qu'il nomma quatrième membrane, et les vaisseaux de cette vésicule, qui viennent du mésentère. Oken et Kieser furent ceux qui constatèrent de la manière la plus exacte et la plus complète que les membranes de l'œuf sont les mêmes chez tous les mammifères, et qu'elles ne diffèrent pas non plus de ce qu'on voit chez les oiseaux. Ils soutinrent aussi que la vésicule ombilicale des mammifères communique avec l'intestin, assertion parfaitement fondée, qui cependant a été combattue par plusieurs auteurs, aux yeux desquels les deux organes ne tenaient l'un à l'autre que par des vaisseaux. En effet, la communication est facile à démontrer chez les jeunes embryons. Meckel a prouvé seulement qu'elle n'avait pas lieu au cæcum, comme le prétendait Oken, et Bojanus a fait voir qu'elle correspond à l'intestin grêle chez le chien (1). Elle est encore très prononcée avant la troisième semaine dans l'œuf des ruminants, où elle a été vue par Coste, par Pockels et par moi. A cette époque, le pédicule creux n'est même pas plus étroit que la vésicule ombilicale elle même, qui offre une forme très allongée et bifurquée.

Les différences que les parties de l'œuf présentent dans leur développement, chez les diverses familles de la classe des mammifères, ont été singulièrement éclaircies par les recherches d'Oken, de Kieser, de Dutrochet (2), de Baer et de Coste. Dans l'énoncé que j'en vais faire, je suivrai principalement les indications de Baer, qui étaient les plus complètes de toutes avant la publication de l'ouvrage de Bischoff (3).

L'œuf de quelques mammifères acquiert rapidement une forme allongée à l'époque où commence le développement. C'est chez les carnassiers, le chien par exemple, que cette forme se prononce le moins, et chez les solipèdes qu'elle devient le plus marquée, puisqu'ici l'œuf s'allonge à chaque bout en une longue languette. Le sac vitellin des solipèdes, aussi bien que des ruminants et des cochons, se compose d'un pédicule d'abord plein et uni avec le rudiment d'intestin, d'où partent deux cornes fort longues, qui affectent des directions opposées. Plus tard les cornes meurent, et le milieu seul conserve des vaisseaux : cependant il ne tarde pas non plus à s'effacer, de manière qu'on n'en aperçoive plus qu'un simple vestige. Le sac vitellin des carnassiers, de sphérique qu'il était, devient ellipsoïde, puis cylindrique : ici il persiste, devient même très considérable, et conserve son réseau vasculaire jusqu'à la naissance. Celui des rongeurs ne s'allonge point en cornes, mais il croît beaucoup, de sorte qu'au lieu de demeurer borné au côté ventral de l'embryon, il passe entre l'amnios et le chorion, gagne le dos de

(1) *Nov. act. nat. cur.*, X, p. I, p. 141.

(2) *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des animaux et des végétaux*. Paris, 1837, t. II, p. 200 et suiv.

(3) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*. Paris, 1843, in-8° et atlas.

l'embryon, et redescend vers le côté abdominal : en outre, il persiste jusqu'à la naissance.

Suivant Baer, l'allantoïde se compose de deux couches : l'une externe, prolongement du feuillet muqueux ; l'autre interne, qui reçoit les ramifications des vaisseaux ombilicaux. Chez les carnassiers, ce sac ressemble à celui des oiseaux ; il pousse tout autour de l'embryon, et atteint partout le chorion, de manière à ne laisser libre que l'espace dans lequel se trouve la vésicule ombilicale. La lamelle pauvre en vaisseaux qui entre en contact avec l'amnios est la *membrana media* des carnassiers, l'endochorion de Dutrochet. La lame externe contient beaucoup de vaisseaux. Chez les ruminants, l'allantoïde a tout d'abord deux cornes, qui se développent dans la même direction que celles de la vésicule ombilicale, mais qui demeurent épaisses, tandis que ces dernières s'atrophient. Chez les solipèdes, la couche vasculaire est séparée de la couche muqueuse par un précipité d'albumine, et les vaisseaux poussent dans le chorion, comme chez les carnassiers, où la séparation des deux feuillets n'a point lieu. Chez les rongeurs, l'allantoïde est plus petite que partout ailleurs : elle reste sur le côté ventral de l'embryon, et elle est cylindrique ; ses vaisseaux ne tardent pas à s'étendre jusque dans le chorion. Ici également on reconnaît que sa fonction proprement dite est de conduire les vaisseaux de l'embryon jusqu'à la membrane externe de l'œuf, et de les étaler dans cette membrane. Baer a démontré, dans l'œuf des mammifères, une lamelle membraneuse située au-dessous du chorion, qui paraît avoir le même mode de formation que l'enveloppe séreuse de l'œuf d'oiseau, attendu qu'elle se détache de la surface de la membrane proligère, entoure vraisemblablement l'embryon en manière de pli, pour produire l'amnios, et, après la clôture de celui-ci, s'isole comme lamelle enveloppant l'amnios et l'embryon, le sac vitellin et l'allantoïde, et située immédiatement sur le chorion. Entre elle et le chorion on découvre une couche mince d'albumine qui, pénétrant à travers cette enveloppe séreuse, s'accumule bientôt au-dessous d'elle, de sorte qu'alors la membrane séreuse et la membrane externe de l'œuf entrent en contact l'une avec l'autre, et que la première constitue un second feuillet du chorion. Chez les ruminants et les cochons, l'allantoïde est d'abord libre, comme toujours; mais elle croît avec rapidité, de sorte qu'elle ne tarde pas à atteindre l'enveloppe séreuse et la membrane extérieure de l'œuf, par l'extrémité rompue des longues cornes duquel sortent les siennes. Les extrémités de l'œuf des carnassiers subissent aussi le même changement, et laissent également sortir celles du sac vitellin et de l'allantoïde, encore couvertes de l'enveloppe séreuse et unies ensemble.

Dès que le chorion a reçu les vaisseaux de l'allantoïde, ceux-ci se déploient dans ses villosités : de là naissent les racines au moyen desquelles l'œuf pénètre ensuite dans les parois de la matrice, et qui produisent le placenta, dont nous aurons à nous occuper plus loin.

Au reste, d'après les recherches de G. Breschet, Gluge, Barry et Bischoff, le chorion et l'amnios sont composés de cellules primitives à noyau.

Les eaux de l'amnios contiennent la sécrétion des reins primordiaux ou corps de Wolff. Il s'y trouve de l'allantoïne. Jacobson y a rencontré de l'acide urique chez les oiseaux.

Fig. 262 (1).

Œuf de la femme.

L'œuf de la femme ne parvient vraisemblablement pas dans la matrice avant qu'une semaine se soit écoulée depuis l'imprégnation. Baer n'en a point trouvé le huitième jour, ni dans la matrice, ni dans les trompes. Un œuf datant du septième jour, dont parlent Home et Bauer, est douteux. Un autre, observé par E.-H. et E. Weber avait une semaine. Les plus jeunes œufs examinés par Velpeau étaient âgés de dix à douze jours; ils étaient déjà villeux, mais sans embryon. Baer a vu l'embryon dans un œuf de quatorze jours.

Fig. 263.

Avant que l'œuf parvienne dans la matrice, la face interne de cet organe produit une formation nouvelle, la *membrane caduque*, dont la configuration correspond à celle de l'organe (2). Ed. Weber a vu cette membrane, sept jours après le coït, sous

(1) Embryon de chien, représentant la jonction de la vésicule ombilicale avec le canal intestinal : *a* narines rudimentaires; *b* yeux rudimentaires; *c* le premier arc viscéral; *d* le second arc viscéral; *e* oreillette droite; *f* oreillette gauche; *g* ventricule cardiaque droit; *h* gauche; *i* aorte; *k* foie entre les deux lobes duquel on aperçoit l'orifice divisé de la veine omphalo-mésentérique; *l* l'estomac; *m* l'intestin communiquant avec la vésicule ombilicale *n*; *o* les corps de Wolff; *p* l'allantoïde; *q* les extrémités supérieures; *r* les extrémités inférieures. D'après Bischoff, *Entwickelung des Hund-eies*.

(2) La figure 263 représente une coupe verticale de la matrice, à peu près huit jours après la fécondation : *a* col utérin; *b b* entrée des trompes de Fallope; *c* caduque vraie, qui tapisse de toutes parts les parois de la matrice; *d* cavité de la matrice.

la forme d'une substance, semblable à de la lymphe épanchée, qui se trouvait étalée sur la paroi interne de la matrice, entre les villosités devenues plus grandes et vasculaires (1). Elle existe aussi chez les animaux, mais moins développée.

Fig. 264 (2).

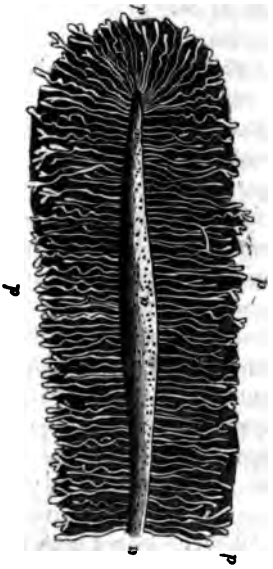
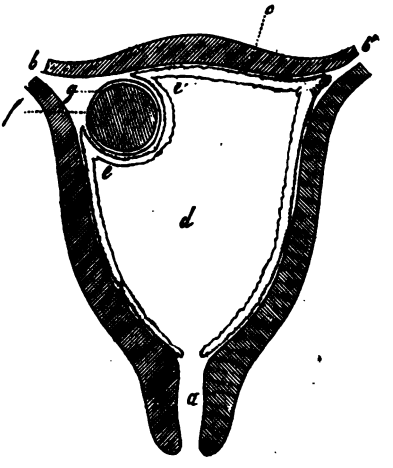


Fig. 265.



Chez la femme, elle se produit quelquefois, mais non toujours, dans le cas de grossesse extra-utérine : elle a été vue dans la matrice et la trompe à la fois dans un cas de grossesse tubaire. Elle se compose d'une masse molle, grisâtre, semblable à la fibrine coagulée, et qui consiste uniquement en un amas de cellules à noyau (3). Les vaisseaux utérins se prolongent dans cette couche, dont l'épaisseur est d'une à trois lignes. Sa face interne est lisse : l'externe, intimement unie à la matrice, montre des aspérités lorsqu'on l'arrache ou qu'elle se détache spontanément. Elle est tantôt close et tantôt perforée au-devant des orifices des trompes et de celui de la matrice ; R. Wagner a parfaitement raison d'admettre ces deux cas (4). Le col utérin n'est rempli que d'un bouchon muqueux.

Lorsque l'œuf pénètre dans la matrice, il se niche dans la membrane caduque, dont le tissu est encore fort lâche (5). Les plus jeunes œufs qu'on ait pu observer

(1) *Disq. anat. uteri et ovariorum puellæ septima conceptionis die defunctæ*. Halle, 1830.

(2) Section de la membrane interne d'un utérus humain au commencement de la grossesse, montrant l'arrangement et d'autres particularités des glandes *d*, *d*, *d*, avec leurs orifices *a*, *a*, *a*, sur la surface intérieure de l'organe. Deux fois la grandeur naturelle. D'après E.-H. Weber.

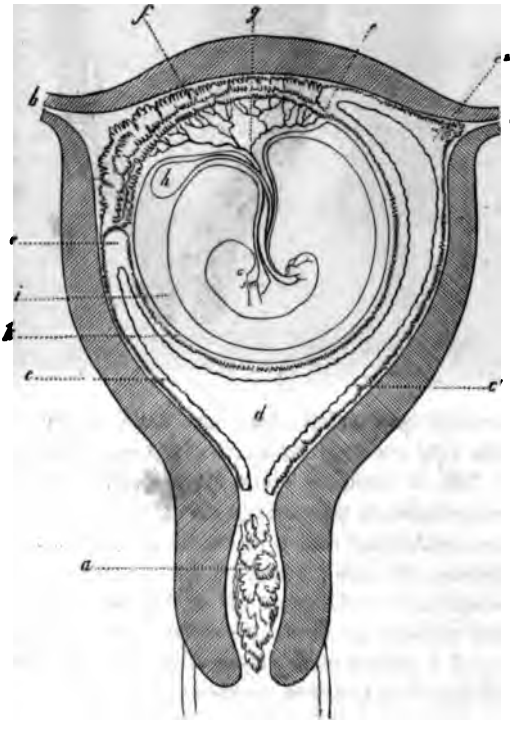
(3) Schwann, dans Froriep's *Notizen*, 1838, n° 112, p. 22. — *Comp.* R. Wagner, *Physiologie*, 114. *Icones physiol.*, tab. XI, fig. 5-6.

(4) R. Wagner, dans Meckel's *Archiv*, 1830, et dans *Physiologie*, p. 114-117.

(5) La figure 265 représente une coupe verticale de la matrice, au moment où l'ovule *f*, avec son chorion *g*, y pénètre et pousse devant lui la caduque vraie *e*, pour former la caduque réfléchie *e e* ; *a* col utérin ; *b b* entrée des trompes ; *d* cavité utérine.

en connexion avec cette membrane n'étaient pas situés dans sa cavité, mais bien dans un enfoncement de sa face externe (1). A mesure que l'œuf croît, la caduque fait, sur ce point, une saillie de plus en plus prononcée dans sa propre cavité. Cette portion renversée porte le nom de *caduque réfléchie*, pour la distinguer de la portion externe, qu'on appelle *caduque vraie*. La caduque vraie et la caduque réfléchie ont la même structure, qui diffère totalement de celle de la membrane muqueuse utérine. Ce sont, de fait, des produits nouveaux. Au reste, il ne faut pas croire que la production de la caduque réfléchie soit l'effet purement mécanique d'un effort exercé par l'œuf : comme tous les actes organiques, l'inflexion ou l'affaissement de la membrane sur elle-même est le résultat des forces vivantes qui président à la nutrition, et qui lui donnent une certaine direction (2). Entre les deux caduques se trouve un liquide, auquel Breschet a donné le nom d'*hydropérione*. Le vide qu'a laissé la caduque vraie en suivant devant l'œuf est rempli par une membrane de texture analogue et faisant corps avec elle, qu'on appelle *caduque secondaire* (3). Lorsqu'on examine de jeunes œufs dans la matrice elle-même, on découvre la plupart du temps la caduque vraie et la caduque réfléchie ; mais il est rare qu'on puisse les voir toutes deux sur des œufs abortifs, une partie de la caduque étant souvent alors retenue dans l'organe utérin. Par suite des progrès de l'œuf, les deux caduques entrent en contact l'une avec l'autre, la cavité a

Fig. 266.



(1) Bock, *De membrana decidua*. Bonn, 1831.

(2) Bischoff, *Beitræge zur Lehre von den Eihuelle des menschlichen Fœtus*. Bonn, 1834. — On trouve des figures de la caduque dans Hunter, *Anatomia uteri gravidi*, tab. 33-34. — Velpeau, *Embryologie*. Paris, 1833. — Seiler, *Die Gebaermutter und das Ei des Menschen in den ersten Schwangerschaftsmonaten*. Dresde, 1832. — Kilian, *Geburtshuelfl. Atlas*, tab. XXIV. — C. Mayer, *Icones selectæ*. Bonn, 1834, tab. V, fig. 6-7-8.

(3) Coupe verticale de la matrice, contenant un œuf plus développé : *a* col plein d'un bouchon gélatineux ; *b b* ouvertures des trompes ; *c c'* caduque vraie ; c^2 prolongement qu'elle envoie dans la trompe droite ; *d* cavité utérine, que l'œuf remplit presque entièrement ; *e e* points où la caduque se réfléchit ; *f* caduque *secondaire* : allantoïde ; *h* vésicule ombilicale, avec son pédicule dans le cordon ombilical ; *i* amnios ; *k* chorion.

disparu au troisième mois de la grossesse, et à dater de ce moment on ne peut plus les séparer, ou du moins on n'y parvient qu'avec beaucoup de peine. La caduque s'amincit à mesure que l'œuf acquiert du développement, mais elle ne s'efface pas entièrement. Au moment de la naissance, tantôt elle reste dans la matrice, tantôt elle forme une couche mince à la surface de l'œuf.

L'union entre l'œuf et la caduque est telle d'abord que les villosités rameuses du chorion s'implantent, comme autant de racines, dans des canaux qui parcourent la caduque, et tirent de la nourriture de cette dernière, sans y tenir d'ailleurs par aucun lien organique.

Suivant E.-H. Weber (1), la membrane caduque se compose principalement des glandes utriculaires de la matrice, serrées les unes contre les autres, et entre lesquelles marchent de nombreux vaisseaux. Chez les animaux, ces utricules, fort allongés et tubulaires, sont logés dans la substance même de l'organe utérin, à la surface interne duquel ils s'abouchent par de nombreuses ouvertures (2). Dans l'espèce humaine, ils forment la caduque elle-même. En examinant la surface interne de cette dernière, on voit percer à travers sa substance une multitude de petits filaments, à peu près parallèles, et dirigés vers la surface, qui produisent un aspect semblable à celui des membranes villeuses, avec cette différence que les villosités ne sont point libres ici, et que leurs interstices sont remplis par la substance de la caduque. Lorsqu'après avoir divisé la matrice en deux moitiés, on examine la tranche à la lumière solaire, au moyen d'une loupe, on remarque que ces prétendues villosités sont de longs utricules cylindriques et minces, qui se rétrécissent un peu en approchant de la surface libre de la caduque, tandis que, du côté opposé, elles ont plus de volume, décrivent des flexuosités, et paraissent commencer par des culs-de-sac. Si l'on comprime une matrice dans l'état de gestation, on voit sourdre, de ces glandes utérines, un suc épais et blanchâtre, qui se répand dans la surface de la caduque. Celle-ci présente, à sa surface interne, de nombreux petits trous, connus déjà depuis longtemps, qui paraissent être l'aboutissant de deux ou d'un plus grand nombre d'utricules (2). Il existe sans

(1) E.-H. Weber, *Anatomie*, t. IV, p. 505. — Burckhard, *Obs. anat. de uteri vaccini fabrica*. Bâle, 1834. — E.-H. Weber, *Obs. anat.*, 186.

(2) Skarpey a donné depuis, d'après plusieurs cas dans lesquels la grossesse avait précédé de peu la mort, une description de la caduque, qui s'accorde parfaitement avec celle de Weber. Cette membrane avait un dixième de pouce d'épaisseur, et l'on reconnaissait sans peine qu'elle n'était autre chose que la membrane muqueuse utérine épaisse. Sa surface présentait une multitude de petites ouvertures rondes, appartenant aux glandes tubuliformes prolongées et dilatées de la membrane muqueuse. Dans la profondeur, ces glandes étaient entortillées ensemble, et leurs extrémités en cul-de-sac s'étendaient jusque dans le tissu propre de la matrice. Dans un cas où la grossesse avait eu lieu probablement quinze jours auparavant, la surface interne de la matrice avait la même apparence criblée; les ouvertures étaient un peu plus grandes, et menaient aux canaux glandulaires dilatés. Après une injection soignée, la surface interne entière de la matrice, c'est-à-dire la caduque en train de se former, parut couverte d'un réseau de vaisseaux sanguins, dans lequel les canaux glandulaires se faisaient remarquer par leur couleur blanche, et, à un degré plus avancé de développement, les veines surtout étaient devenues d'amples canaux, qui communiquaient immédiatement avec les veines de la matrice. Il semblerait donc résulter de là que la caduque est tout simplement la couche glanduleuse interne de la matrice, et que son aspect troué ou réticulé dépend principalement des canaux glandulaires très dilatés et sans doute aussi bosselés de tous les côtés. La caduque dite réfléchie semblerait diffi-

doute, en outre, beaucoup d'ouvertures isolées, qui sont indivisibles. Les conduits ont près de trois lignes de long, et il n'est pas rare qu'ils se partagent en deux branches dont chacune égale le tronc en grosseur. Cette particularité les distingue des vaisseaux sanguins qui les accompagnent ; car ceux-ci forment un réseau ou des anses ; ils sont au moins branchus, et leur diamètre diminue à mesure qu'ils se ramifient. Le diamètre des canalicules glandulaires est d'environ 1/17 de ligne : celui des vaisseaux capillaires est de 1/104 de ligne (1).

cile à concevoir dans cette hypothèse. Cependant, comme le fait remarquer Bischoff (*Développement des mammifères et de l'homme*, p. 110), on ne saurait douter qu'en même temps que la couche glandulaire interne de la matrice se développe ainsi, il s'opère à la face interne de l'organe une exsudation dont le produit s'épanche aussi sur les orifices des trompes, produit ayant encore assez de fluidité pour se laisser pénétrer en partie par l'ovule, qui s'y trouverait pour ainsi dire noyé ; mais cette exsudation s'organise indubitablement aussi, et, quand, par les progrès de l'accroissement de l'œuf, elle apparaît sous la forme d'une enveloppe qui entoure ce dernier, elle se trouve en connexion immédiate, principalement à l'aide de vaisseaux, avec la face interne développée de la matrice ; car, bien que, d'après cette manière de voir, la caduque réfléchie soit d'une autre nature que la caduque vraie, et surtout qu'elle ne possède pas de glandes, c'est à tort qu'on lui a refusé des vaisseaux. De toute évidence, comme le dit encore Bischoff, le but de la caduque réfléchie est de fixer l'ovule au moment même de son arrivée dans la cavité utérine, très spacieuse proportionnellement à ses dimensions, attendu que l'endroit où il se fixe n'est point indifférent pour l'avenir, et que, chez la femme, les parties ne sont pas disposées de manière à le déterminer aussi sûrement qu'il l'est dans les matrices tubuliformes de la plupart des animaux. (*Note du trad.*)

(1) L'espèce d'éréthisme périodique dont l'appareil vasculaire de l'utérus devient le siége aux approches de l'hémorrhagie menstruelle, pendant cette hémorrhagie et au delà, se communique à la partie musculaire et à la partie muqueuse ou glandulaire qui tapisse celle-ci. Les tubes glandulaires qui composent la plus grande partie de la muqueuse grandissent visiblement. Leur présence dans le tissu de cette membrane en augmente tellement l'épaisseur qu'elle forme alors, sur un très grand nombre de sujets, des plis ou circonvolutions saillantes, molles, pressées, adossées les unes aux autres de manière à ne laisser aucun vide dans la cavité utérine. Ces circonvolutions, quand l'œuf descend, le saisissent entre elles et le retiennent par leur contact ou par la pression qu'elles exercent. L'épaisseur de cette membrane est alors de 8 à 10 millimètres (Coste, *Hist. gén. et partic. du développement des corps organisés*, 1er fascicule, in-4°, 1847, p. 209-210). M. Coste a démontré le premier d'une manière irréfragable que la muqueuse utérine est *caduque* normalement ; c'est elle qui est la *caduque* connue de tout temps ; elle tombe avec les membranes appartenant par continuité au fœtus (chorion, placenta et amnios). Au moment où elle tombe, une mince muqueuse a déjà commencé à se former entre elle et les parois utérines ; elle apparaît du quatrième au cinquième mois, quelquefois plus tôt. La *caduque réfléchie* est un bourrelet qui s'hypertrophie autour du petit œuf et le recouvre bientôt ; pendant longtemps elle est vasculaire comme la *caduque* vraie, et l'on peut suivre de gros vaisseaux de l'une à l'autre.

Voilà pour les faits normaux. Quant aux faits pathologiques, ils sont nombreux : beaucoup d'auteurs ont vu que, dans certains cas, à la suite d'accidents de dysménorrhée ou d'écoulement de sang irrégulier par le vagin, écoulement ayant commencé environ à l'époque habituelle des règles, les femmes rendaient une membrane conservant la forme de la cavité utérine ou à peu près. Cette expulsion termine les accidents. Il existe des observations assez nombreuses de fausses couches caractérisées pour l'expulsion d'une pareille membrane, expulsion souvent presque subite. Quand la conception datait de deux à trois semaines, on y a trouvé l'œuf ; quand elle était plus récente, on n'a rien trouvé, ou l'on n'a trouvé que des débris dans la cavité de la membrane : sans doute l'œuf, encore délicat et petit, était rompu, ou, n'étant pas encore fixé par les villosités du chorion, était tombé. Depuis les travaux de M. Coste, on a reconnu que cette membrane expulsée est la muqueuse utérine. C'est la muqueuse qui, arrivée à l'état de gonflement indiqué

Le développement de l'embryon et la formation tant de l'amnios que du sac vitellin s'accomplissent vraisemblablement, dans l'espèce humaine, de la même manière que chez les oiseaux. La vésicule ombilicale et son conduit ont avec l'intestin le même rapport que le sac et le conduit vitellins. Cette vésicule doit donc être regardée comme l'analogue, à tous égards, du sac vitellin. La communication entre son pédicule et l'intestin ne peut point être démontrée sûrement à l'époque

plus haut, s'est détachée par déchirure avant l'époque régulière. La mollesse de la membrane pendant l'état de gonflement et la facilité avec laquelle, sur les utérus de femmes mortes à cette époque, on sépare cette muqueuse, font concevoir que cette exfoliation morbide de l'organe muqueux tout entier doit être aisée. Un cas pathologique de ce genre se trouve dans les écrits hippocratiques (*Œuvres complètes d'Hippocrate*, trad. par Littré, Paris 1850, t. VII. — *De la nature de l'enfant*, § 13, p. 489); et ce sont ces nouvelles observations de la physiologie qui ont permis d'interpréter l'auteur ancien.

M. Caseaux (*Comptes rendus de la Société de biologie; Gaz. méd.*, 1850, p. 477), présentant un œuf de sept à huit semaines expulsé entier avec la membrane caduque, par laquelle il est recouvert dans toute son étendue, remarque que cette pièce est, à sa connaissance, la première qui, chassée à la suite de l'avortement, a permis de voir l'œuf emboîté ainsi dans une poche complète. Elle répond puissamment à une des objections les plus fortes formulées contre la nouvelle théorie de la formation de la membrane caduque. Les œufs les plus complets reçus jusqu'à présent, à la suite de l'avortement des premiers mois, offraient bien une poche complète, formée par le double feuillet caduque, mais ils n'étaient recouverts qu'en partie par cette double membrane, et une portion de leurs villosités était libre et flottante. Or, dira-t-on, si la membrane caduque est, comme on le prétend, la muqueuse même de l'utérus, elle devrait, si elle sort à l'état de poche interne, envelopper l'œuf de tous côtés, ou, si elle ne le recouvre qu'en partie, offrir au moins des traces de déchirure. Cette objection paraît annihilée par la pièce présentée. Celle-ci prouve, en effet, qu'en dehors comme en dedans de l'utérus l'œuf peut être environné par la caduque, comme l'œuf de l'oiseau par sa coquille.

M. Lebert (*Ib.*, p. 557) a lu une note concernant des membranes muqueuses utérines expulsées pendant la menstruation. Une dame, ayant eu un retard, rendit, après des coliques, un corps par le vagin. La forme de ce corps était irrégulièrement triangulaire; il avait 4 centimètres de long sur 2 $\frac{1}{2}$ de large, se rétrécissant tout à fait vers l'extrémité inférieure, et sur 1 centimètre d'épaisseur. On voyait évidemment un orifice, ainsi qu'un autre supérieurement à droite; on ne peut pas en distinguer à gauche. L'orifice inférieur correspondait à celui de la cavité utérine du côté de la portion vaginale, tandis que l'orifice supérieur paraissait correspondre à l'ouverture d'une des trompes. Ce corps renfermait une cavité dont les parois avaient de 2 à 4 millimètres d'épaisseur, et étaient lisses et rosées à la surface externe, tomenteuses et d'un rouge lie de vin à la surface interne. L'examen microscopique mit tout à fait hors de doute qu'on avait affaire à une membrane muqueuse utérine expulsée. On a pu constater, à ne pas en douter, de nombreuses glandes utriculaires, les unes intactes, les autres par fragments. Ces glandules, constituées pour la plupart de tubes recourbés, avaient 1 millimètre à 1 millimètre $\frac{1}{2}$ de longueur sur $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ de largeur, et étaient revêtues dans tout leur intérieur d'un épithélium pavimenteux, à cellules arrondies de $\frac{1}{70}$ à $\frac{1}{50}$ de millimètre de diamètre, renfermant un noyau ovoïde de $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{110}$ et muni d'un ou deux très petits nucléoles punctiformes. Beaucoup de noyaux étaient libres au dehors des cellules. M. Lebert se demande si ce fait, déjà signalé par Simson, et que M. Follin a accompagné le premier d'un examen histologique, ne serait pas beaucoup plus fréquent qu'il ne paraît dans l'état actuel de la science, et il reste à rechercher s'il n'y a pas, à chaque période menstruelle, une exfoliation insensible et presque moléculaire d'une portion de la muqueuse utérine. On rencontre de plus quelquefois, dans la matrice, des polypes triangulaires moulés exactement sur la cavité, qui pourraient bien avoir une exfoliation menstruelle pour origine. L'expulsion de la muqueuse utérine pendant la menstruation est enfin un fait du plus haut intérêt en face de l'opinion de E.-H. Weber, Coste et Robin, aujourd'hui généralement adoptée sur l'identité de structure entre la muqueuse utérine et la membrane caduque, et il reste à rechercher si la mem-

où ce pédicule est long et grêle. Kieser (1) l'a vu s'étendre jusqu'à l'intestin, et il en a donné la figure, ce qui n'empêcha pas que beaucoup de personnes le considérèrent comme un vaisseau sanguin. Mais la preuve est facile à administrer chez les très jeunes embryons. Dans les œufs dont l'embryon a deux ou trois lignes de long, le pédicule de la vésicule ombilicale est extrêmement court et large, et les parois de cette base de la vésicule se continuent d'une manière évidente avec celles du rudiment de l'intestin. C'est ce dont je me suis convaincu sur un œuf que j'ai décrit, il y a longtemps déjà (2). Des observations analogues ont été faites par Wagner et Allen Thomson ; ce dernier a même vu la vésicule ombilicale à une époque si peu avancée qu'elle se continuait sans la moindre constriction avec le bord de la carène de l'embryon. Une figure de très jeune embryon que m'a communiquée E.-H. Weber, montre non seulement le pédicule de la vésicule ombilicale, mais même ses vaisseaux sanguins.

Dans les jeunes embryons, l'amnios entoure encore l'embryon de fort près, et il est séparé du chorion par un très grand intervalle, rempli d'un liquide, tantôt coulant, tantôt gélatiniforme, que Velpeau appelle *magma réticulé*. Une couche membraneuse mince, l'*endochorion*, se détache aisément de la paroi interne du chorion, comme si ce liquide ou cette gelée était enfermée dans un sac particulier. Quelquefois on trouve, dans la gelée, des filaments réticulés, qui tiennent d'un côté à l'endochorion, et, de l'autre, à l'amnios. Plusieurs anatomistes, Velpeau entre autres, ont regardé la membrane qui renferme ce liquide comme l'allantoïde de l'espèce humaine, parce qu'elle est placée à peu près entre l'amnios, la vésicule ombilicale et le chorion, de même que l'allantoïde des mammifères. Mais jamais on n'est parvenu à appuyer cette hypothèse sur la manière connue dont se produit l'allantoïde, et elle n'a effectivement aucune vraisemblance. La masse en question correspond bien plutôt au blanc de l'œuf d'oiseau. Très probablement l'allantoïde humaine se comporte à peu près comme celle des rongeurs, c'est-à-dire que c'est une étroite vésicule qui se prolonge vers le chorion, et qui n'a d'autre usage que de conduire les vaisseaux ombilicaux à cette membrane. Cette opinion a pour elle les observations de quelques embryologistes qui ont vu, sur de très jeunes embryons, deux vésicules pédiculées sortir du ventre (3).

brane présentée n'est pas une espèce de caduque menstruelle et l'analogue, pour ainsi dire, de la caduque de gestation.

MM. Dutard et Laboulbene (*Ibid.*, p. 867) ont communiqué une observation semblable. Le corps rendu par la malade était la muqueuse de l'utérus. Il offrait la forme triangulaire de la cavité utérine, moins la portion du col. Elle présentait une ouverture inférieure irrégulière, déchirée sur ses bords, et deux autres petites ouvertures correspondant à l'entrée des trompes. Examinée sous l'eau, elle a une épaisseur de plusieurs millimètres ; elle est villeuse à sa face interne, lisse, douce au toucher à sa face externe. Celle-ci est criblée de petits orifices en partie visibles à l'œil nu. L'examen microscopique, fait avec grand soin par M. Robin, ne laisse aucun doute sur la nature de ce produit ; les follicules caractéristiques y abondent ; c'est bien une membrane organisée, la muqueuse utérine elle-même. É. L.

(1) *Die Bildung des Darmcanals aus der Vesicula umbilicalis.* Gœttingue, 1810.

(2) Mueller's *Archiv*, 1834, p. 8.

(3) Pockels, *Isis*, 1825, tab. 12, 13. — Coste, *Embryogénie*, Paris, 1837, pl. III, fig. 4, 5. — Seiler, tab. X. — Baer, *Entwickelungsgeschichte*, tab. VI, fig. 15 et 17. — A. Thomson, *Edinb. med. and surg. Journ.*, n° 140, fig. III, 3.

Le court et épais cordon qui, dans l'œuf décrit et commenté par moi (1), allait de l'extrémité de l'embryon au chorion, était sans doute aussi l'allantoïde : il ne se composait pas de troncs vasculaires, et paraissait être tout à fait simple. L'allantoïde est plus facile à apprécier dans un œuf figuré par Wagner (2). Il est possible que, dans certains cas, l'extrémité de l'allantoïde se soit un peu dilatée à l'endroit de l'insertion au chorion. Baer dit que tous les œufs du premier et du second mois lui ont offert, à l'insertion du cordon ombilical, une très petite vésicule aplatie, qui communiquait plus ou moins distinctement avec un conduit contenu dans le cordon ; les vaisseaux couraient sur son pédicule, et celui-ci s'insérait dans le cloaque.

Baer propose deux manières d'expliquer la connexion de l'allantoïde avec le chorion. Ou le feuillet vasculaire de l'allantoïde se détache du feuillet muqueux, et s'applique, sous forme de membrane distincte, à la tunique externe de l'œuf, c'est-à-dire au chorion, et aussi à l'amnios, tandis que le feuillet muqueux conserve la forme du canal : alors la masse comprise entre le chorion et l'amnios serait de l'albumine amassée entre les feuillets vasculaires et muqueux de l'allantoïde, comme il arrive à une époque avancée du développement, chez les mammifères à sabot. Ou bien cette séparation des feuillets de l'allantoïde n'a pas lieu, mais l'allantoïde se développe peu, et ses vaisseaux vont gagner le chorion, après quoi elle cesse de croître, et finit par disparaître entièrement, à cela près de son pédicule, l'ouraque : alors l'albumine s'amasserait sous la tunique externe de l'œuf, qui deviendrait le chorion. Ces deux cas ont lieu chez d'autres mammifères. Baer croit la première hypothèse plus vraisemblable que l'autre; elle me le semble aussi, et surtout parce que Jones et Thomson ont trouvé la masse albumineuse logée en dedans du chorion dans les œufs où l'embryon ne s'était point encore fixé au chorion, où par conséquent aussi l'allantoïde ne s'était pas encore développée. Dans cette hypothèse, la lamelle qui revêt la face interne du chorion représenterait peut-être l'enveloppe séreuse précédemment décrite.

Après que l'embryon s'est uni avec le chorion par des vaisseaux sanguins, on ne trouve plus aucune trace de l'allantoïde, dont il ne reste pour tous débris que l'ouraque, filament qu'on peut suivre depuis le sommet de la vessie jusque dans le cordon ombilical.

On peut donc classer comme il suit les changements successifs de l'œuf. La première période embrasse l'accroissement de l'ovule, et les changements qu'il subit dans son intérieur, avant qu'on puisse apercevoir un embryon proéminent à la surface du sac vitellin. Les actes qui se passent à cette époque sont ceux qu'on connaît le moins. Les villosités du chorion commencent déjà à se développer. Ici se rapporte une observation de Wharton Jones (3). L'ovule, de la grosseur d'un pois, paraissait être âgé de trois à quatre semaines ; mais peut-être était-il mort beaucoup plus tôt. Il était logé dans l'une des parties latérales de la membrane caduque. L'un des côtés de sa surface externe était lisse, et l'autre couvert de villosités du chorion. La cavité entière du chorion était pleine d'un tissu gélatiniforme, dans lequel, vers l'une des extrémités de l'œuf, on remarquait un

(1) Mueller's *Archiv*, 1834, p. 8; 1836, p. CLXVII.

(2) *Icones physiologicæ*, tab. VIII, fig. 2, 3.

(3) *Philos. Trans.*, 1837, p. 339.

petit corps arrondi, la vésicule germinative. L'embryon n'était point encore perceptible (1).

Durant la seconde période, l'embryon se sépare du sac vitellin, l'amnios se forme, ainsi que l'allantoïde, mais l'embryon ne s'est point encore attaché par celle-ci au chorion. Deux œufs vus par Allen Thomson (2) appartiennent à cette période. Ils étaient pourvus d'un chorion villeux; l'un avait trois lignes, et l'autre près d'un demi-pouce de diamètre. Le sac vitellin ou vésicule ombilicale du premier remplissait la plus grande partie, mais non la totalité du chorion, entre lequel et lui se trouvait un espace contenant un tissu gluant de filaments albumineux; l'embryon, long d'une ligne, avait son côté ventral à plat sur la surface du sac vitellin, avec lequel la carène formait une cavité commune. Dans le second œuf, l'espace du chorion était fort grand proportionnellement à l'embryon, et le tissu filamenteux dont j'ai déjà parlé l'occupait en entier; l'embryon et le sac vitellin tenaient au chorion par un point plus condensé de ce tissu; l'embryon n'était pas attaché au sac vitellin par un pédicule, mais il se trouvait tout à fait à plat, et ses côtés se continuaient sans interruption avec les parois du sac; on distinguait fort bien les lames dorsales, non encore réunies; il n'y avait ni allantoïde ni amnios. A la même période se rapportent aussi plusieurs œufs dans lesquels l'allantoïde commençait à se développer, savoir, ceux où l'on voyait deux vésicules pédiculées sortir du ventre, sans adhérer au chorion, comme dans les observations de Pockels et de Coste.

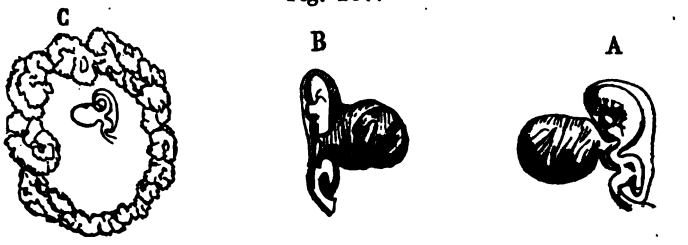
Des observations d'une autre série comprennent le temps qui s'écoule depuis le moment où l'œuf s'attache au chorion, par le moyen de l'allantoïde, jusqu'à celui où le cordon ombilical se développe. A cette époque, l'amnios ne forme point encore de gaîne ombilicale réunissant les parties qui sortent du ventre. Tel était le cas d'un œuf décrit et figuré par Allen Thomson (3); le fœtus avait 1/8 de pouce de long: le cœur pendait au-devant du corps, sous la forme d'une anse vasculaire; l'intestin était un canal droit; la bouche était formée, mais l'anus ne l'était pas; au milieu du corps, l'intestin communiquait, par une large ouverture, avec le sac vitellin ou vésicule ombilicale, qui commençait à se rétrécir vers sa partie inférieure; de la partie postérieure du fœtus sortait un corps piriforme, qui attachait le fœtus au chorion; on apercevait deux fentes branchiales; l'amnios manquait, sans doute par suite d'un développement morbide. On peut également ranger ici une observation de R. Wagner, et une autre de moi, qui a déjà été mentionnée précédemment. Ce dernier œuf (fig. 267) avait 7 à 8 lignes de long. Le diamètre de l'embryon est de 2 1/2 lignes, celui du cordon ombilical de 2/3 de ligne, celui de la vésicule ombilicale de 1/2 ligne. L'amnios est tellement serré sur l'embryon qu'à peine peut-on l'apercevoir à l'œil nu. Il se porte des lames ventrales à la large ouverture de l'abdomen, et par sa partie inférieure

(1) A cette époque se rapporte encore un œuf que Volkmann (Mueller's *Archiv*, 1839, p. 248) a trouvé chez une femme morte par accident. On voyait à l'extérieur une enveloppe villeuse, que Volkmann crut être la caduque réfléchie. Cette enveloppe renfermait un chorion garni de petites villosités et plein d'une substance rougeâtre, tapissée par une membrane particulière fort mince, que l'auteur considéra comme vésicule blastodermique.

(2) *Edinb. med. and surg. Journ.*, n° 140, fig. I et II.

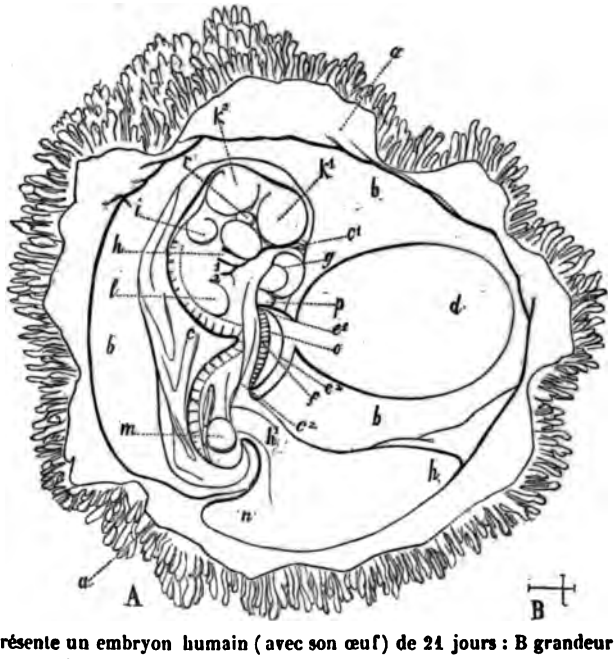
(3) *Loc. cit.*, fig. III.

Fig. 267.



ıtérieure adhère à toute la longueur du cordon ombilical. L'intestin est un occupant la carène qui, à l'endroit où les lames ventrales se réfléchissent pour uire l'amnios, fait corps, dans toute sa longueur, avec la vésicule ombilicale, ırte qu'à la place du fœtus pédiculé, on ne trouve qu'une faible constriction. ol de l'embryon offre deux paires de fentes et d'arcs : en arrière, l'utricule du : fait saillie sur la ligne médiane. Une circonstance intéressante, c'est qu'on ıaît précisément l'époque du coït : il eut lieu le 2 décembre, et les règles qu'on ıdait le 25 manquèrent ; l'acte fut répété le 27 décembre, et l'œuf sortit le ıvier. Si l'on s'en tient aux simples dates, cet œuf était âgé de 34 ou de ors ; ce dernier ne paraît impro- e. On peut tou- s admettre que ıf s'était détaché lques jours avant trente-quatrième . Baer présume l se détacha lors second coït, et par conséquent ait âgé de vingt- jours, opinion partage R. Wag- ans un œuf dont Wagner a donné gure (1), et qui it de la troisième aine de la gros- , le développe- t est au même

Fig. 268.



La figure 268 représente un embryon humain (avec son œuf) de 21 jours : B grandeur relle, *a a* chorion renversé, *b b* espace plein d'albumine entre le chorion et l'amnios ; *c* amqui est encore ouvert depuis c^1, en avant, jusqu'à c^2, en arrière ; *d* vésicule ombilicale, se nuant avec l'intestin stomacal e^1 jusqu'à l'intestin anal e^2 ; *f* corps de Wolff, *g* cœur, *h* oire inférieure, *i* oreillette, k^1 hémisphères, k^2 tubercules quadrijumeaux, *l* membre anté-, *m* membre postérieur, *n n* limite conjecturale du feuillet vasculaire de l'allantoïde, n^1 feuilluqueux de l'allantoïde, *o* mésentère, *p* foie, *r* œil ; 1, 2, deux fentes branchiales.

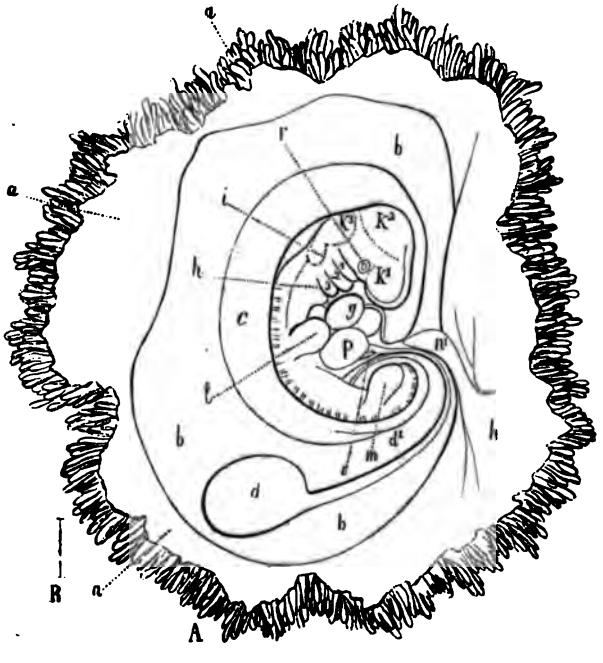
degré. On aperçoit déjà les premiers rudiments des membres, sous la forme de petits tubercules foliacés. La ressemblance entre cette figure et la précédente, eu égard aux formations de l'œuf, prouve qu'il s'agit ici d'œufs parfaitement normaux.

Ce n'est qu'au premier et au second mois de la grossesse qu'on trouve entre le chorion et l'amnios un espace rempli d'albumine. Les deux membranes ne tardent pas à s'appliquer intimement l'une à l'autre, par suite de l'accroissement que prend l'amnios. On remarque encore entre elles la *tunica media*, qui a été décrite avec soin par Bischoff.

La vésicule ombilicale, d'abord unie à l'intestin par une voie de communication large et courte, acquiert, de même que le sac vitellin chez les oiseaux, un pédicule qui va toujours en s'allongeant et s'amincissant. Ce pédicule, qu'on nomme conduit omphalo-entérique, est accompagné par les vaisseaux omphalo-mésentériques. Ceux-ci se trouvent alors contenus, avec les vaisseaux ombilicaux allant au chorion, dans le cordon ombilical, dont les parties constituantes sont maintenues unies ensemble par le repli de l'amnios appelé gaîne du cordon ombilical. La vésicule ombilicale, pleine d'une masse vitelline d'un blanc jaunâtre, continue ensuite toujours d'être logée entre le chorion et l'amnios, plus ou moins près de l'insertion du cordon ombilical au chorion. Après avoir acquis le diamètre de quatre à cinq lignes, elle commence au troisième mois à s'atrophier peu à peu, ainsi que son pédicule. Cependant, comme Mayer l'a fait voir, il arrive quelquefois qu'on la découvre encore, dans des œufs à maturité, pourvue d'un pédicule filiforme.

Dès que l'amnios et le chorion sont arrivés à se toucher, l'œuf change peu : seulement, les villosités du chorion s'accumulent sur un point, pour former le placenta, et ses vaisseaux se développent, sur ce seul point, en prolongements rameux et renflés à l'extrémité, qui sont, comme lui, formés de cellules à noyau. Les villosités ne disparaissent cependant pas sur le reste de la surface du chorion ; elles ne font qu'y devenir plus distantes les unes des autres, en raison de l'accroissement de l'œuf. On les retrouve même encore sur l'œuf par-

Fig. 269.



venu à maturité. Le cordon ombilical devient de plus en plus long à mesure que l'embryon se développe.

Dans l'œuf parfaitement formé (1), on trouve successivement, de dehors en dedans, la caduque, le chorion et l'amnios, appliqués l'un contre l'autre, de telle manière qu'au point d'insertion du cordon ombilical au chorion, l'amnios se réfléchit sur le cordon, pour l'entourer d'une gaîne et aller se continuer, à l'ombilic, avec la peau de l'embryon. Cette gaîne amniotique, qui, à son extrémité, laisse échapper le contenu du cordon, renferme :

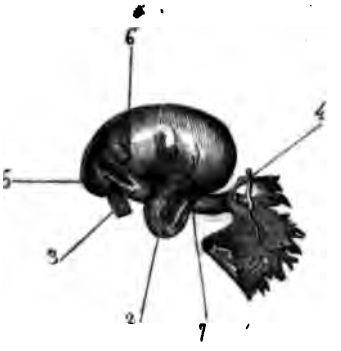
1° Le conduit omphalo-entérique, qui existe dans les premiers temps, et qui mène à la vésicule ombilicale, dont il est le pédicule;

2° Les vaisseaux omphalo-mésentériques, ramifications des vaisseaux mésentériques, qui courent sur le conduit précédent;

3° L'ouraque;

4° Les vaisseaux ombilicaux, qui font plus tard la principale partie constituante du cordon. Chez les animaux, il y a, la plupart du temps, deux veines et deux artères ombilicales. Dans l'espèce humaine, on ne trouve qu'une seule veine, avec deux artères. Ces dernières sont les branches principales des hypogastriques; elles amènent le sang au placenta, c'est-à-dire dans les vaisseaux des cellules du chorion accumulées sur ce point. Le liquide parcourt les villosités, qui sont plongées, comme autant de racines, dans la caduque utérine ou placenta utérin, et, traversant des capillaires en arcades, il repasse dans des veines qui, par leur réunion, forment la veine ombilicale. Celle-ci, analogue de la veine ombilicale persistante des reptiles, verse la plus grande partie de son sang dans la veine porte : il y en a cependant une portion qui se rend immédiatement à la veine cave inférieure, par le canal veineux d'Aranzi.

Fig. 270 (3).



La liqueur de l'amnios contient, d'après l'analyse de C. Vogt (2), de l'extrait alcoolique, avec du lactate de soude, du chlorure de sodium, de l'albumine, du sulfate et du phosphate de chaux. Sa pesanteur spécifique était de 1,0182 à trois mois et demi, et de 1,0092 à six mois. Elle contenait, dans le premier cas, 10,77 d'albumine sur 1000, et, dans le second, 6,67 seulement.

(1) La fig. 269 représente un embryon de quatre semaines, dont B indique la grandeur naturelle; il est figuré dans ses membranes, telles que celles-ci devaient être : *a* chorion, *b* espace entre le chorion et l'amnios, *c* amnios, *d* vésicule ombilicale, d^1 son pédicule, *e* anse intestinale, *g* cœur, *h* mâchoire inférieure, *i* oreille, *k* cervelet, k^1 hémisphères, k^2 tubercules quadrijumeaux, *l* membre antérieur, *m* membre postérieur, *n* endroit où l'allantoïde s'unit au chorion, n^1 cordon ombilical, *p* foie, *r* œil; 1, 2, 3, les trois fentes branchiales.

(2) Mueller's *Archiv*, 1837, p. 69.

(3) La figure 270 représente un fœtus humain avec le cordon ombilical, l'allantoïde et une portion du chorion. D'après Langenbeck. L'extrémité postérieure droite a été enlevée; 2, allantoïdes ou rudiment de la vessie urinaire; 3 et 4, cordon ombilical; 5, uretères; 6, conduit

Après avoir passé en revue les changements les plus généraux que l'œuf humain subit pendant le cours de son développement, nous avons à examiner une question dont j'ai déjà eu l'occasion de parler, c'est-à-dire la manière dont on doit considérer les analogies que les embryons offrent les uns avec les autres dans les différentes classes.

Il n'y a pas encore fort longtemps qu'on soutenait avec un grand sérieux que le fœtus humain, avant d'arriver à son état parfait, parcourt successivement les divers degrés de développement qui persistent pendant la vie entière chez les animaux des classes inférieures. Cette hypothèse n'a pas le moindre fondement, comme l'a déjà fait voir Baer. Jamais l'embryon humain ne ressemble réellement à un radiaire, à un insecte, à un mollusque, à un ver. Le plan de formation de ces animaux est tout à fait différent de celui des animaux vertébrés. L'homme pourrait donc tout au plus ressembler à ces derniers, puisqu'il est lui-même vertébré, et que son organisation est établie d'après le type commun à cette grande division du règne animal. Mais il ne ressemble pas non plus, dans un certain moment, à un poisson, dans d'autres, à un reptile, à un oiseau, etc. L'analogie n'est pas plus grande entre lui et un poisson qu'entre lui et un reptile ou un oiseau; elle ne dépasse pas celle qu'ont entre eux tous les animaux vertébrés. Pendant les premiers temps de leur formation, les embryons des vertébrés offrent, dans toute leur pureté, les traits les plus généraux et les plus simples du type d'un animal vertébré, et c'est là ce qui fait qu'ils se ressemblent alors à tel point qu'on a souvent de la peine à les distinguer les uns des autres. Le poisson, le reptile, l'oiseau, le mammifère et l'homme sont d'abord l'expression la plus simple du type commun à tous; mais ils s'en éloignent peu à peu, à mesure qu'ils se développent, et les extrémités, par exemple, après s'être rassemblées durant quelque temps, prennent les caractères de nageoires, d'ailes, de mains, de pieds, etc. Voilà pourquoi tous les embryons ont d'abord au col des arcs, séparés par des fentes, auxquels on donne improprement le nom d'arcs branchiaux, car il n'y a là que l'expression du plan général, sans rien encore de ce qui caractérise une branchie proprement dite. Chez tous les vertébrés, ces arcs sont parcourus par les arcs aortiques, qui se réunissent en arrière pour produire l'aorte. Les poissons sont les seuls chez lesquels s'accomplit ici une métamorphose progressive, ayant pour résultat l'apparition de lamelles branchiales sur quelques uns de ces arcs, et la conversion des arcs vasculaires en un système de vaisseaux pectiniformes composés de troncs artériels et de troncs veineux, parmi lesquels ceux-ci se réunissent pour produire l'aorte. La même chose a lieu aussi chez les reptiles nus; mais leurs branchies disparaissent au temps de la métamorphose, leurs vaisseaux branchiaux se réduisent aux arcs primitivement indivis, et leurs arcs branchiaux s'effacent en grande partie, de même que, chez les reptiles écailleux, les oiseaux, les mammifères et l'homme, ils se convertissent tout de suite en d'autres formations destinées à persister toute la vie; ici également les arcs aortiques multiples, expression du plan le plus général et le plus simple des animaux vertébrés, s'effacent, et il n'en reste que quatre ou deux chez les reptiles écailleux, qu'un seul chez les oiseaux, les mammifères et l'homme.

Pour ce qui concerne le développement de l'embryon lui-même, je renvoie aux

vitello-intestinal; pli ou constriction de l'allantoïde, indiquant la première formation de l'ouraque.

détails qui seront consignés dans la section suivante. Je dois cependant mentionner ici quelques uns des changements principaux qu'il subit quant à la forme et au volume.

Au commencement du second mois, la longueur de l'embryon varie depuis quelques lignes jusqu'à un demi-pouce. Les extrémités sont visibles sous la forme d'appendices foliacés. La cavité buccale existe, largement ouverte. L'anus se forme plus tard, le coccyx fait une grande saillie. Les fentes branchiales existent encore, mais elles ne tardent pas à se clore : la tête devient considérable; les yeux, déjà formés, abandonnent la situation latérale qu'ils avaient d'abord, pour se porter plus en avant; les fosses nasales se développent bientôt. L'insertion du cordon ombilical est encore placée très bas; elle s'élève peu à peu, par suite du développement, jusqu'à ce qu'enfin elle ait atteint le milieu du ventre.

Pendant le second mois, la gaîne du cordon ombilical se produit; l'intestin, qui était d'abord droit, décrit un coude vers l'ombilic, et le commencement de la gaîne du cordon renferme le sommet de ce coude, avec lequel communique la vésicule ombilicale.

Vers la fin du second mois, l'ossification commence sur quelques points, et l'on voit paraître les premiers vestiges du système musculaire. Le cœur est couvert, et sa cloison commence à se former. Les arcs aortiques sont réduits à deux, qui s'unissent ensemble pour produire l'aorte descendante, et dont l'un devient plus tard l'artère pulmonaire. Les viscères glanduleux, poumons, foie et corps de Wolff, existent; la formation des corps de Wolff est bientôt suivie du développement des rudiments de reins, de testicules et d'ovaires. Les parties génitales externes apparaissent d'abord sous la forme d'une espèce de verrue au-devant de la fente génitale, laquelle conduit au sinus uro-génital, dont la vessie se sépare ensuite, dans la direction de l'ouraque. A cette époque, les cavités orale et nasale ne sont point encore séparées l'une de l'autre : les rudiments des paupières et de l'oreille externe existent; les divers segments des membres deviennent perceptibles, et des échancrures au bout des mains et des pieds indiquent les doigts futurs. La longueur de l'embryon est alors de près d'un pouce.

Pendant le cours du troisième mois, époque à laquelle apparaît la membrane pupillaire, toutes les parties continuent de se développer, ainsi que la configuration extérieure : le cou et les segments des membres deviennent de plus en plus prononcés.

A trois mois, le fœtus a deux pouces et demi à trois pouces de long. A quatre mois, on distingue le sexe, et la longueur est de quatre pouces. Au cinquième mois, elle va jusqu'à douze pouces. A cette époque il se produit de la graisse, et les premiers rudiments des ongles et des poils, dont la peau entière est couverte (*lanugo*), se développent. Les paupières se collent ensemble. A cinq mois, les femmes sentent déjà les mouvements du nouvel être qu'elles portent dans leur sein. Un embryon de six mois peut respirer, mais il ne saurait vivre. A sept mois, sa longueur est de seize pouces et plus, sa peau rouge : il peut quelquefois vivre. A huit mois, il a seize pouces et demi de long : les testicules descendent de la cavité abdominale dans les plis du scrotum, qui jusqu'alors étaient vides, et les paupières se décollent. A neuf mois, les cheveux poussent, et l'embryon a dix-sept pouces de long. Au dixième mois lunaire, sa longueur est de dix-huit à vingt pouces. A

cette époque, ou même auparavant, au huitième ou au neuvième mois, la membrane pupillaire disparaît, et la peau, moins rouge, est couverte d'une matière onctueuse (*vernix caseosa*), qui, d'après R. Wagner, se compose de lamelles épidermiques détachées. La peau paraît éprouver une mue complète chez les animaux, et l'on a plusieurs fois vu le corps entouré d'une couche épidermique non adhérente, couvrant les poils qui s'étaient formés après la mue.

CHAPITRE IV.

Des différences que le développement présente chez les ovipares et les vivipares.

Chez certains animaux, qu'on appelle *ovipares*, la nature se charge seule de l'incubation des œufs, qui sortent du corps de la mère, et qui portent en eux la nourriture nécessaire à leur développement. Chez d'autres, les œufs subissent l'incubation dans le corps même de la mère, tantôt libres dans la matrice, tantôt liés organiquement avec elle. Dans ce cas, ils ne tirent, la plupart du temps, aucune nourriture du dehors; cependant ils peuvent aussi croître à l'aide du liquide sécrété par la matrice. Je nomme *vivipores acotylédonés* tous les animaux qui font des petits vivants et dont les œufs ne tiennent point à la matrice par des cotylédons vasculaires, par un placenta utérin. Une troisième division, celle des *vivipares cotylophores*, comprend les animaux chez lesquels l'œuf tient à la matrice par des connexions au moyen desquelles il reçoit de la nourriture. Chez tous ces derniers, l'œuf est très petit au moment de son arrivée dans la matrice, parce qu'il n'a pas besoin de porter avec lui les matériaux destinés à le nourrir.

Ovipares.

La plupart des animaux invertébrés et vertébrés sont ovipares. Les ovipares vertébrés comprennent la majorité des poissons et des reptiles, ainsi que tous les oiseaux. Parmi les plagiostomes, il y en a peu cependant qui appartiennent à cette catégorie : ce sont, parmi les squales, la famille des scyllies, composée de sept genres, et, parmi les raies, celle des raies proprement dites. Les œufs des squales ovipares, des raies ovipares et des chimères sont pourvus d'une coquille cornée, aplatie, très solide, et la glande destinée à produire cette coquille a un volume extraordinaire chez ces animaux. Owen regarde comme très douteux que l'ornithorhynque soit ovipare.

Le développement de l'œuf a lieu, tantôt dans l'eau, tantôt sur terre. Il s'effectue dans l'eau chez tous les poissons. Les œufs de la plupart des reptiles nus sont dans le même cas, et leur couche externe, qui représente la coquille, se gonfle beaucoup en absorbant le liquide. Cependant les œufs du crapaud accoucheur se développent sur terre, le mâle les portant entortillés autour de ses pattes de derrière : ils ont une coquille dure et cornée, qui se prolonge en filaments de l'un à l'autre. Chez le pipa, les œufs, après avoir été fécondés par le mâle, qui les dépose sur le dos

de la femelle, y font naître une sorte d'organe incubateur, comparable à la caduque, qui les enveloppe de toutes parts, et dans lequel s'accomplit leur développement. Les œufs de plusieurs espèces de syngnathes éclosent dans une gouttière creusée à l'extérieur du ventre et de la queue.

L'incubation des œufs, tantôt est abandonnée à la nature, tantôt exige le concours de la mère, comme dans la classe des oiseaux, où les parents leur procurent le degré de chaleur dont ils ont besoin.

Vivipares acotylédonés.

Chez beaucoup d'animaux, les œufs se développent complétement ou en partie dans les oviductes. Ceux du *Lacerta agilis* ont déjà fait quelques progrès dans leur développement au moment de la ponte : ceux du *Lacerta crocea* éclosent dans le corps de la mère. Les serpents venimeux sont vivipares, et les serpents non venimeux ovipares : dans le premier cas, la coquille est molle ; dans le second, elle est plus dure et plus chargée de sels calcaires : d'ailleurs son épaisseur est partout la même. Les salamandres proprement dites sont vivipares, et les tritons ovipares. La viviparité est plus rare que l'oviparité, chez les poissons osseux (*Anableps*, *Zoarces*) : le contraire a lieu chez les poissons cartilagineux ; car la plupart des squales, (c'est-à-dire ceux des familles *Galei*, *Musteli*, *Zygænæ*, *Alopeciæ*, *Spinaces*, *Scymni* et *Squatinæ*), et des raies (c'est-à-dire celles des familles *Pristides*, *Rhinobatides*, *Torpedines*, *Trigones*, *Myliobatides* et *Cephalopteræ*) sont vivipares. Les œufs des squales et des raies vivipares ont une coquille extrêmement mince. Ils augmentent de volume aux dépens d'un liquide particulier qui se sécrète dans la matrice ; car, d'après J. Davy, un fœtus développé de torpille a un poids absolu bien supérieur à celui de l'œuf avant le développement ; l'œuf d'un de ces poissons pesait 182 grains avant qu'on y aperçût aucun vestige d'embryon, et 177 après l'apparition de ce dernier ; tandis que le poids d'un fœtus à terme était de 479 grains. Ce fait a de l'importance, puisqu'il prouve que la viviparité sans connexions de l'œuf avec la matrice se rapproche beaucoup de celle dans laquelle cette connexion a lieu.

Il y a aussi, parmi les mammifères, des vivipares acotylophores, c'est-à-dire chez lesquels l'œuf n'est point uni à la matrice par un placenta. Owen a décrit le fœtus et les membranes de l'œuf d'un kanguroo dont la gestation avait atteint la moitié de sa durée ordinaire (trente-huit jours). Les membranes se composaient d'un amnios, d'un sac vitellin et d'un chorion très mince, sans vaisseaux ; il n'y avait ni allantoïde ni placenta. Chez un fœtus utérin plus âgé de kanguroo, qu'Owen et Coste ont examiné, le cordon ombilical s'étendait à trois lignes au-dessus de la surface de l'abdomen, et l'amnios en formait la gaîne ; à partir de ce point, le cordon se divisait en deux sacs ; l'un, très riche en vaisseaux, était, comme dans la première observation, l'analogue du sac vitellin, et les vaisseaux omphalo-mésentériques l'accompagnaient ; le second n'avait que le sixième des dimensions du précédent ; il était piriforme, montrait de nombreuses ramifications des vaisseaux ombilicaux, et formait une véritable allantoïde ; mais ce sac n'était point uni avec la matrice (1).

(1) Owen, dans *Lond. Magaz. of nat. hist.*, vol. I, p. 471. — *Ann. des sc. nat.*, t. VII, p. 372. — Coste, dans *Comptes rendus*, février, 1838.

Le fœtus du kanguroo naît à une époque où sa longueur dépasse à peine un pouce. Après sa naissance, la mère l'introduit dans la bourse, où il se fixe à l'un des mamelons, qu'il suce, et à l'aide du lait duquel il continue de se développer. Cette naissance prématurée naturelle est un cas extrême. L'extrême opposé, la naissance tardive, nous est offert par les insectes pupipares, qui accomplissent leur vie de larve dans le corps de la mère, et naissent à l'état de chrysalides, comme les hippobosques, les mélophages et autres. Un phénomène analogue est celui des embryons de pipa, qui éclosent sur la peau de la femelle, et ne sortent de l'organe incubateur qu'après avoir accompli toutes les périodes de la vie de larve.

Vivipares cotylophores.

On ne trouve un placenta que chez l'homme, les mammifères et quelques genres de squales. La connexion entre le fœtus et la mère consiste ordinairement en un contact intime des surfaces correspondantes d'un placenta utérin et d'un placenta fœtal : les plis ou villosités vasculaires de celui-ci s'implantent, comme autant de racines, dans des enfoncements de l'autre. Tantôt c'est le sac vitellin qui sert à la formation du placenta fœtal, ce qui n'arrive que chez les squales; dans ce cas, les vaisseaux omphalo-mésentériques sont ceux qui constituent le placenta fœtal, et ils puisent dans le placenta utérin les substances destinées à la nutrition du fœtus. Tantôt le placenta fœtal est formé par le chorion, et ses vaisseaux, qui viennent d'une allantoïde, sont ceux qu'on appelle ombilicaux : tel est le cas des vivipares cotylophores qui ont une allantoïde, ou des vaisseaux ombilicaux, et un chorion vasculaire, comme les mammifères et l'homme.

Union du fœtus avec la matrice par un placenta, chez quelques espèces de squales (1).

Aristote connaissait les différences remarquables qui existent parmi les squales, au point de vue du développement de l'œuf. Entre autres observations sur l'anatomie et la génération des poissons cartilagineux, il rapporte que certains squales sont ovipares et d'autres vivipares, et que, parmi ces derniers, on en trouve chez lesquels le fœtus est uni à la matrice, comme chez les mammifères (2).

Stenon a décrit (3) l'embryon d'un *Pesce palumbo* (poisson demeuré inconnu, faute de description suffisante), qui tenait à la matrice par le moyen d'un placenta; celui-ci était creux, et sa cavité communiquait avec l'intestin à l'aide d'un conduit logé dans le cordon ombilical.

Dutertre, dans l'*Histoire des Antilles*, parle d'un requin (*carcharias*) qui portait des petits fixés par un cordon à une grande membrane.

Cuvier (4) dit que le vitellus fort réduit du fœtus des requins près de naître lui a paru adhérer à la matrice presque aussi fixement qu'un placenta. Le canal vitellin était garni de villosités.

Le poisson observé par G. Cuvier appartenait au genre *Carcharias*, mais non

(1) MUELLER, *Bericht ueber die Verhandlungen der Akad. zu Berlin*, avril 1839.
(2) *Hist. nat.*, liv. VI, cap. 10. *De generat. anim.*, 3, 3.
(3) *Act. med. Hafn.*, 1673, vol. II. Copenhague, 1675, p. 219.
(4) *Hist. des poissons*. Paris, 1828, t. I, p. 341.

au sous-genre *Prionodon*, chez lequel le conduit vitellin du fœtus est lisse et sans villosités; mais on y trouve des villosités dans le sous-genre *Scoliodon*. Cependant j'ai reconnu que les *Prionodon* et les *Scoliodon* ont les uns et les autres le fœtus uni à la matrice par le moyen d'un placenta. La même chose a lieu chez le *Mustelus lævis*.

Chez ces animaux, c'est le sac vitellin qui forme le placenta fœtal par son plissement. Les plis du placenta sont beaucoup plus compliqués chez les *Carcharias* que chez le *Mustelus lævis*, et dans les premiers de ces poissons la portion libre du sac vitellin forme aussi quelques culs-de-sac. Les *Carcharias* diffèrent, en outre, du *Mustelus lævis*, parce que les troncs des vaisseaux sanguins pénètrent dans l'intérieur du sac vitellin avant de se répandre dans les plis.

Maintenant voici quelle est la disposition du placenta des *Carcharias*.

Le sac vitellin possède, comme de coutume, deux tuniques : l'une interne, riche en vaisseaux, qui communique avec l'intestin par le moyen du canal vitellin; l'autre externe, dénuée de vaisseaux, qui se prolonge en façon de gaîne sur le canal vitellin et les vaisseaux omphalo-mésentériques, et se continue avec la peau extérieure au sommet de l'abdomen, dans l'endroit où a lieu l'insertion ordinaire du conduit ombilical chez les poissons. Les deux tuniques produisent, pour la formation du placenta fœtal, une masse de plis de toute grandeur, comme on peut le voir dans la figure 271. De là résulte, dans l'intérieur du sac, une cavité fort irrégulière, avec une multitude de sinuosités. Du côté qui regarde la matrice, les plis sont unis de la manière la plus intime avec cet organe, dont on ne peut les détacher sans avoir recours à la violence. Des diverticules qui flottent librement forment le côté opposé du sac vitellin. Aussi loin que s'étend le placenta fœtal, les deux tuniques du sac vitellin sont unies l'une avec l'autre de la manière la plus intime; mais, du côté qui forme une pointe libre et creuse, elles sont séparées par un intervalle, quoique d'ailleurs closes de toutes parts.

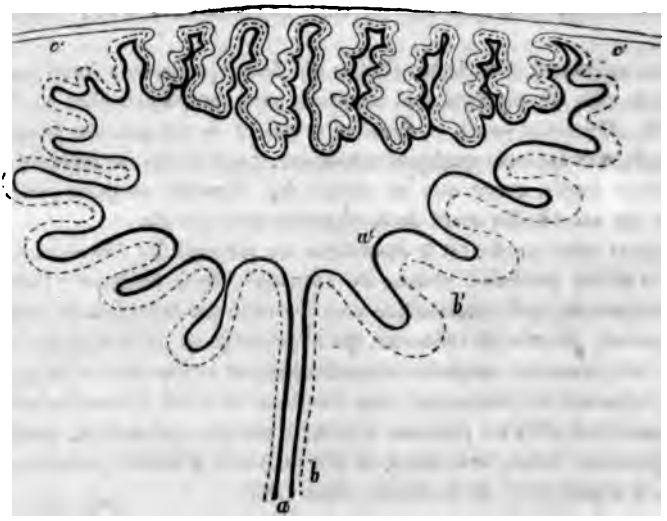
Fig. 271.

Le placenta utérin (figure 272) est formé par des plis très saillants de la membrane interne de la matrice, qui correspondent exactement à ceux du placenta fœtal. Les plis des deux côtés s'engrènent aussi intimement les uns dans les autres que le placenta utérin et le placenta fœtal chez les mammifères. La membrane externe de l'œuf, qui est extrêmement délicate et sans structure, passe entre les plis des deux placentas, sur la ligne de jonction, mais semble comme dissoute dans les points où la jonction s'accomplit; car, lorsqu'on sépare violemment les deux placentas l'un de l'autre, on ne la trouve pas cohérente en cet endroit, tandis

Fig. 272.

qu'en déployant avec circonspection les nombreux replis, on parvient à obtenir le placenta utérin et le placenta fœtal intacts tous les deux.

Fig. 273.



La figure 273 représente une coupe idéale, mais très simplifiée, de l'organe : *a* est le canal vitellin ; *b* le conduit ombilical, ou la gaîne du cordon ombilical ; *a'* la membrane interne du sac vitellin ; *b'* sa membrane externe ; *c* la membrane interne de la matrice, formant le placenta utérin.

Les placentas utérins reçoivent leurs vaisseaux sanguins de ceux de la matrice, qui sont très volumineux, et qui vont gagner le lieu qu'ils occupent, à la partie inférieure de l'organe. Les vaisseaux du placenta fœtal sont les vaisseaux omphalo-mésentériques, ici extrêmement gros, dont le volume égale, proportion gardée, celui des vaisseaux ombilicaux chez les mammifères. Ces troncs vasculaires sont contenus dans la gaîne du cordon ombilical, avec le canal vitellin ; mais, arrivés au sac vitellin, ils le percent pour pénétrer dans son intérieur, c'est-à-dire dans celui du feuillet interne du placenta fœtal creux, jusque vers le milieu de la cavité, et à partir de ce point ils s'étalent en une multitude de branches, qui donnent à la tunique du sac vitellin, à ses plis et à ses diverticules (1).

La structure du placenta fœtal et celle du placenta utérin sont les mêmes. La couche externe du placenta utérin, qui se trouve en contact immédiat avec le placenta fœtal, consiste, comme la caduque humaine, en cellules à noyau, qu'on n'aperçoit qu'avec le secours du microscope. Cette structure est aussi celle des tuniques du sac vitellin, dont l'externe manque de vaisseaux.

(1) L'insertion du conduit vitellin dans l'intestin se trouve au même endroit que chez les autres squales et raies à sac vitellin simple, savoir, à l'extrémité supérieure de l'intestin valvulaire, où s'abouchent aussi les canaux biliaire et pancréatique. Cette extrémité supérieure de l'intestin valvulaire est encore privée de valvules. C'est ce que Ente appelait *bursa*, et Collin *bursa Entiana*, tandis que des écrivains modernes, ne considérant pas qu'Ente n'a examiné aucun fœtus de squale, ont donné le nom de *bursa Entiana* au sac vitellin interne, ou même à l'externe.

La relation organique entre le placenta fœtal et le placenta utérin est, du reste, la même que chez les mammifères. Ces deux organes sont juxtaposés de la manière la plus intime, et leur contact a lieu sur une surface immense de plis; mais le système vasculaire de la mère demeure borné au placenta utérin, comme celui du fœtus ne dépasse point les limites du placenta fœtal. L'attraction organique s'accomplit vraisemblablement par l'action de petites cellules.

La connexion du fœtus avec la matrice a lieu, chez les *Carcharias* et les *Scoliodon*, jusqu'à la complète maturité du fœtus. Ces vivipares cotylophores se distinguent parce qu'ils ne possèdent pas le sac vitellin interne de la cavité abdominale.

Dans la famille des raies, il n'y a point de vivipares cotylophores; les raies proprement dites sont ovipares, et toutes les autres acotylédonées.

Union du fœtus avec la matrice chez les mammifères et dans l'espèce humaine (1).

L'œuf paraît envoyer des racines dans la matrice chez tous les mammifères, à l'exception des monotrèmes et des marsupiaux. Ces racines sont toujours ou des villosités ou des plis vasculaires du chorion, et le chorion reçoit constamment ses vaisseaux sanguins des vaisseaux ombilicaux qui se répandent d'abord sur l'allantoïde. Tantôt les villosités sont éparses sur la surface entière du chorion, comme chez les cochons, les solipèdes, les chameaux, les cétacés, ou bien elles forment une zone autour de l'œuf, comme chez les carnassiers; tantôt elles sont réunies en un grand nombre de paquets, auxquels on donne le nom de *cotylédons*, comme chez la plupart des ruminants; parfois enfin, elles ne forment qu'un seul gâteau implanté sur l'un des côtés du chorion, comme dans l'espèce humaine, de laquelle les rongeurs se rapprochent, en raison de leur placenta double. Aux villosités vasculaires du chorion et du placenta fœtal correspondent des enfoncements de la matrice, dans lesquels elles s'enfoncent comme autant de racines. Lorsqu'elles sont accumulées sur certains points, et par là forment des cotylédons, à ceux-ci correspondent également des cotylédons utérins, des saillies percées d'un grand nombre de trous dans lesquels s'enfoncent les villosités des cotylédons du fœtus. Chez la femme, le placenta utérin est un développement de la caduque, qui s'accroît en face du placenta fœtal, entre les paquets de villosités duquel il s'enfonce, de manière à pénétrer jusqu'à la surface du chorion. Dans tous les cas, que le placenta soit une formation diffuse ou une accumulation locale de villosités, son but est d'obtenir un grand accroissement de surface sur les points par lesquels le chorion et l'utérus entrent en contact l'un avec l'autre. On remarque deux modifications principales : développement de villosités ramifiées qui pénètrent dans la matrice, ou formation, à la matrice et au chorion, de plis chargés de vaisseaux, qui s'engrènent les uns dans les autres.

Examinons maintenant la conformation du placenta dans les divers ordres de la classe des mammifères.

(1) Baer, *Untersuchungen ueber die Gefæssverbindung zwischen Mutter und Frucht in den Sæugethieren*. Leipzick, 1828. — E.-H. Weber, *Anat.*, t. IV, p. 496. — Froriep's *Notizen*, 1835, t. XLVI, p. 90. — Wagner, *Physiologie*, p. 124. — Eschricht, *De organis quæ respirationi et nutritioni fœtus mammalium inserviunt*. Copenhague, 1837.

Chez les pachydermes, le placenta fœtal s'étend sur la surface entière du chorion, à l'exception des appendices de l'œuf, et le chorion est uniformément parsemé de villosités, qui renferment une multitude de vaisseaux. Le placenta utérin est également étalé sur la face interne de la matrice, qui acquiert une texture cellulaire et se creuse de nombreuses dépressions destinées à recevoir les villosités du chorion. Baer a observé un cas qui se rapproche un peu de la dissémination des villosités en plusieurs masses distinctes : c'est celui de dépressions utérines plus larges, mais moins nombreuses, servant d'orifices à des utricules glanduleux, et auxquelles correspondent des cercles de villosités développées sur l'œuf.

La surface du chorion du dauphin est, d'après les recherches d'Eschricht, pleine de rides et de villosités. Ces dernières sont séparées les unes des autres par des intervalles d'environ une demi-ligne. Elles n'ont pas la forme de plis, comme chez les truies, ni celle de cônes plumeux, comme chez les vaches ; mais elles représentent des masses arrondies, des espèces de choux-fleurs supportés par de minces pédicules : aussi les couronnes des villosités sont-elles plus rapprochées les unes des autres que leurs bases. Les dimensions des villosités varient ; les plus considérables ont environ une ligne de long, sur près d'un quart de ligne de diamètre à la couronne. Les couronnes contiennent un réseau de vaisseaux capillaires d'une grande beauté. La face interne de la matrice est également plissée : d'ailleurs elle présente des cellules, parce qu'elle contient les gaînes destinées aux villosités. Les surfaces de ces cellules sont couvertes de vaisseaux capillaires. Les cétacés sont, comme les pachydermes et les ruminants, pourvus de glandes utérines, qui sécrètent le suc destiné à la nutrition du fœtus.

Chez les carnassiers, le placenta forme une ceinture autour de l'œuf. Les belles observations d'Eschricht nous ont appris que, chez la chatte, il est composé de lamelles très minces, qui partent perpendiculairement du chorion, et forment de nombreux plis fort irréguliers. Quand on l'injecte du côté de la mère et du côté du fœtus, l'intérieur en paraît tout bariolé. Si alors on l'examine de plus près, on reconnaît que cette apparence tient à l'enchevêtrement des lames appartenant au fœtus et à la mère, sur lesquelles les réseaux capillaires sanguins s'étalent sans jamais passer de l'un des deux placentas à l'autre. Les lames traversent toute l'épaisseur du placenta. Leur longueur est de deux lignes. Elles sont tellement minces, que leur diamètre surpasse à peine celui d'un globule de sang. Un rameau vasculaire plus gros que les autres en longe les deux bords. Eschricht a prouvé que la partie utérine du placenta de la chatte est une membrane vasculaire tout à fait différente de la membrane muqueuse de la matrice ; après qu'on l'a enlevée, celle-ci reste encore entière, et les vaisseaux paraissent seulement déchirés.

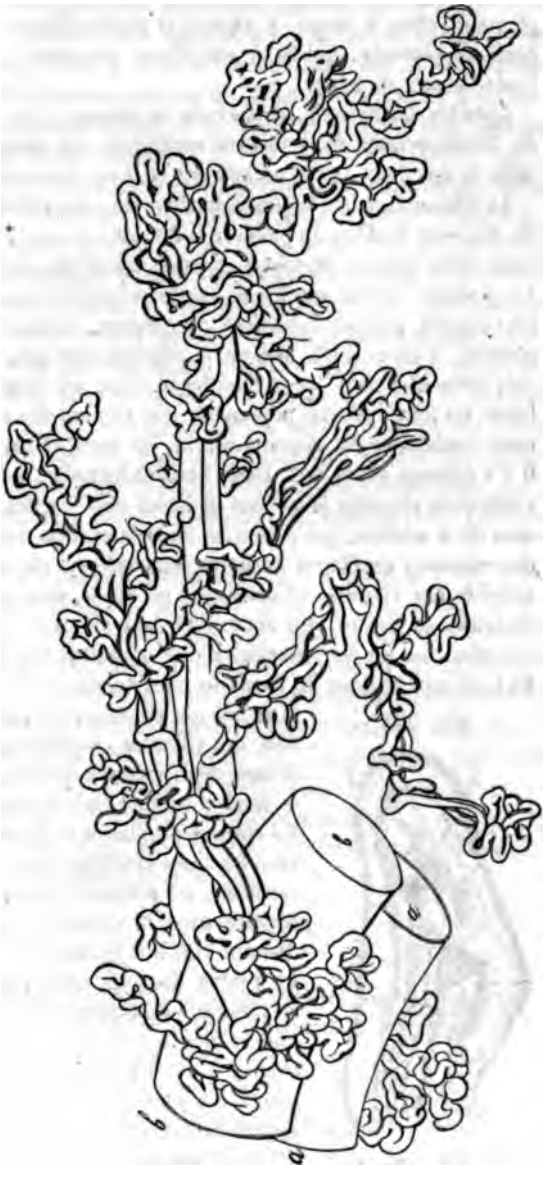
Les ruminants forment deux séries. Chez les uns (chameau, lama), le chorion est couvert partout de nombreuses villosités éparses. Chez les autres (vache, brebis, chèvre, biche, etc.), elles se groupent en cotylédons, disséminés sur la surface entière du chorion, et dans les interstices desquels on n'en aperçoit aucune. Un pareil cotylédon ne contient que des faisceaux de villosités rameuses et chargées de vaisseaux. Le cotylédon utérin, qui persiste même hors du temps de la gestation, constitue un point saillant de la matrice qui affecte la forme tantôt d'une sorte de coupe à bords épais et renflés, comme chez la brebis, tantôt de tubercules arrondis et à base comprimée, comme chez la vache. Sur la surface du cotylédon

érin s'ouvrent les canaux
i correspondent à ces
sceaux de villosités, et
nt les parois sont cou-
rtes d'un réseau très
rré de vaisseaux capillai-
s appartenant à la mère.
uivant Owen, la girafe a
s cotylédons au chorion,
mme la majorité des ru-
inants.

L'œuf des paresseux a
ssi des cotylédons lobu-
ux, mais rapprochés les
s des autres (1). L'oura-
ue s'ouvre, non pas dans
fond de la vessie, mais
nt près de son col.

Les rongeurs et les in-
ctivores appartiennent à
catégorie des mammifères
i ont un placenta con-
ntré. On trouve souvent,
ez les rongeurs, deux
ıcentas distincts, voisins
ın de l'autre; mais, fré-
uemment aussi, il n'y en
qu'un seul. L'œuf de la
pine est lisse et sans vil-
sités, si l'on excepte l'en-
oit occupé par le placenta
ital : celui-ci possède bien
s vaisseaux sanguins ;
ais, suivant Baer, ces vais-
aux, au lieu de naître des
isseaux ombilicaux, pro-
ennent des omphalo-mé-
ntériques, parce qu'ici
est le sac vitellin, et non
llantoïde qui se réfléchit
tour de la plus grande
rtie de l'œuf. Eschricht a vu l'allantoïde du rat placée dans un labyrinthe de

Fig. 274 (2).



(1) Rudolphi, dans *Abhandl. der Akad. zu Berlin*, 1828.

(2) La figure 274 représente, d'après E.-H. Weber, les villosités de la portion fœtale du placenta humain, à un grossissement de 100 diamètres. Les vaisseaux capillaires sont injectés; leur diamètre varie de 1/115 à 1/170 de ligne : *a a* artère, *b b* veine.

plis, à l'endroit où repose le placenta. Le placenta lui-même est composé de plis utérins et de plis embryonnaires engrenés les uns dans les autres. Eschricht est parvenu, chez la taupe, à séparer la portion fœtale de la portion utérine, sur le bord du placenta, qui avait une forme arrondie; la première était villeuse, et l'autre percée de trous.

Chez les singes aussi, le placenta est simple. A cet égard comme à celui du peu de développement de la vésicule ombilicale, ces animaux ressemblent à l'homme; mais ils ont deux veines ombilicales (*Cebus*, *Mycetes*, *Hapale*).

Le placenta, dans l'espèce humaine, est composé de deux éléments, les portions du placenta fœtal et du placenta utérin qui se pénètrent réciproquement. Le placenta fœtal consiste en troncs épais de villosités rameuses et chargées de vaisseaux. Le placenta utérin est formé par la substance de la caduque, qui pénètre entre les villosités, jusqu'à la surface du chorion, et les enveloppe de toutes parts. Cependant, d'après E.-H. Weber, la relation entre ces deux parties constituantes est tout autre que chez les mammifères. Chez les mammifères, les villosités vasculaires du fœtus ne sont prolongées que comme des racines dans les gaînes également vasculaires du placenta utérin, les deux systèmes capillaires se touchent, et il y a échange entre eux. Dans l'espèce humaine, au contraire, les villosités vasculaires du placenta fœtal sont plongées dans les larges vaisseaux sanguins, provenant de la matrice, qui pénètrent toute la portion utérine du placenta, et les anses des vaisseaux capillaires du fœtus sont baignées par le sang maternel. Mais les extrémités des villosités ne consistent qu'en de simples anses, artérielles d'un côté, veineuses de l'autre, qui ont encore cela de particulier qu'un même vaisseau décrit plusieurs de ces inflexions d'une anse dans une autre, avant de se réunir avec les vaisseaux veineux du fœtus les plus voisins de lui. Les vaisseaux appartenant à la mère, qui pénètrent le placenta utérin, et recèlent partout des villosités, s'emplissent aisément de sang par les artères de la matrice. Eschricht penche à croire que, chez la femme comme chez les animaux, il n'y a non plus que les réseaux capillaires de la caduque qui entrent en contact avec les anses vasculaires des villosités. Suivant Weber, au contraire, les artères et les veines utérines, dès qu'elles ont pénétré dans la substance spongieuse du placenta, ne se divisent plus à la manière d'un arbre, mais se résolvent en un réseau dont les canaux sont beaucoup plus gros que les vaisseaux capillaires ordinaires; les parois excessivement minces des tubes de ce réseau s'appliquent à toutes les branches des villosités du chorion, de sorte qu'ici également il n'y aurait non plus que deux ordres de vaisseaux appliqués l'un contre l'autre de la manière la plus intime (1).

Fig. 275.

Au reste, pas plus chez la femme que chez les animaux, le sang ne passe des vaisseaux de la mère dans ceux du fœtus, et *vice versa*. Avec quelque facilité que les injections s'introduisent dans les vaisseaux du placenta, lorsqu'on les pousse du

(1) La figure 275 représente, d'après le même, l'extrémité d'une villosité du placenta, à un grossissement de 200 diamètres : *a a a* vaisseaux pleins de sang, *a' a'* vaisseau vide, *b b* bord de la villosité.

côté de la mère, jamais on ne remplit ainsi que la portion utérine du placenta. D'ailleurs, quand bien même les injections passeraient des artères ou de la veine ombilicale du fœtus dans les vaisseaux de la matrice, il n'y aurait pas à conclure de là qu'une communication existe entre la mère et l'enfant; car, dès que l'injection s'échappe par extravasation des anses vasculaires de la portion fœtale du placenta, elle tombe aussitôt dans les vaisseaux mêmes de la mère, et il ne lui faut plus de grands efforts pour remplir les veines utérines.

Les portions fœtale et utérine du placenta peuvent être, chez certains animaux, séparées l'une de l'autre avec la plus grande facilité, et sans qu'on endommage rien; mais, chez d'autres animaux et chez la femme, la séparation ne peut avoir lieu sans déchirure. Baer fait remarquer que les cotylédons des ruminants, dès qu'ils ont pris un peu d'accroissement, tiennent si bien à ceux de la mère, qu'il devient impossible, dans l'état frais, de les retirer entiers: si l'on attend quelque temps, la chose devient praticable; mais alors on trouve toujours, entre les portions maternelle et fœtale du cotylédon, une masse un peu épaisse, à l'égard de laquelle Baer n'a pu décider si elle provenait, soit du cotylédon maternel ou du cotylédon fœtal, soit de l'un et de l'autre à la fois. Peut-être est-ce une couche de cellules actives qui jouent un rôle important. Au reste, quand les cotylédons des ruminants se détachent d'eux-mêmes, à l'époque du part, les vaisseaux des villosités demeurent intacts.

Les mammifères diffèrent les uns des autres, eu égard à la manière dont les deux placentas se séparent au moment de la naissance. E.-H. Weber les partage en deux classes. A la première appartiennent ceux dont les deux placentas s'engrènent si légèrement, qu'à la naissance ils se séparent sans éprouver la moindre lésion: ici la parturition ne blesse point la matrice, les placentas utérins persistent, seulement ils diminuent de volume. Tel est le cas des ruminants, des solipèdes et des truies. La seconde classe comprend ceux dont les deux placentas sont unis d'une manière tellement intime, que l'utérin est arraché, en même temps que le fœtal, au moment de la naissance; chez ceux-là la parturition blesse la matrice, et les placentas sont des organes caducs qui doivent se reproduire à chaque grossesse. C'est le cas des carnassiers, des rongeurs et de la femme.

Nutrition du fœtus.

Un certain laps de temps s'écoule, avant la formation des vaisseaux sanguins, pendant lequel l'œuf continue de croître. Comme le chorion et ses villosités sont composés des mêmes cellules à noyau que celles qui agissent dans les premières parties de l'embryon, avant que les vaisseaux sanguins et la circulation aient paru, on conçoit que ses cellules peuvent végéter assez longtemps avant qu'il y ait de système vasculaire. Ce sont elles qui attirent les substances, et qui, semblables aux cellules des végétaux, se les transmettent de l'une à l'autre, pour les accumuler dans l'intérieur de l'œuf telles qu'elles les reçoivent du dehors. C'est là un acte qui fait essentiellement partie de toute absorption organique, même alors qu'il existe des vaisseaux sanguins et lymphatiques; car, même à l'intestin, les villosités riches en vaisseaux sont entourées d'une gaîne de cellules à noyau, dont les cellules déploient la même activité que celles qui constituent l'écorce des spongioles

aux racines des plantes. Quand les vaisseaux sanguins de l'embryon ont pénétré dans le chorion et ses villosités, ces vaisseaux, qui ont dû naissance eux-mêmes à des cellules, et qui participent aux propriétés actives des cellules, s'emparent de la substance nutritive qu'ils trouvent, soit dans le sang maternel, dont les villosités sont baignées, comme chez la femme, soit dans le suc blanc des glandes utérines, comme chez les animaux. Les sucs absorbés par eux passent directement dans le sang du fœtus. Ce conflit avec les sucs maternels tient lieu de la respiration chez le fœtus, ou en est l'équivalent.

Il n'y a pas d'autre mode de nutrition sur lequel on puisse beaucoup compter. L'amnios peut, à la vérité, par l'action organique de ses cellules, enlever des liquides au chorion, et déposer dans le sien propre une petite quantité de matière alimentaire, sous la forme d'albumine. Le liquide amniotique s'introduit dans la bouche du fœtus, et l'on sait qu'il pénètre tant dans le canal intestinal que dans la trachée-artère; car on a souvent trouvé, dans l'estomac du fœtus de l'homme et des animaux, des poils provenant du *lanugo*. Mais, en tout cas, ce mode de nutrition par l'eau de l'amnios doit se réduire à très peu de chose et être fort insuffisant.

SECTION II.

DU DÉVELOPPEMENT DES ORGANES ET DES TISSUS DU FOETUS.

CHAPITRE PREMIER.

Du développement des systèmes organiques.

Mon but, dans la section précédente, était de donner un aperçu aussi précis que possible des plus importants parmi les phénomènes généraux qui accompagnent le développement de l'œuf, et des plus essentielles d'entre les variations qu'ils présentent dans les diverses classes du règne animal. J'ai évité de multiplier les détails, afin de ne pas porter la confusion dans le tableau que je voulais tracer. Maintenant il me reste à examiner le développement de chaque système organique, en tant toutefois que le comportent les bornes prescrites à un manuel (1).

Le développement de parties déterminées aux dépens d'une masse homogène suppose l'existence d'une matière apte à revêtir des formes diverses, d'un blastème contenant virtuellement tout ce qui doit procéder de lui. Le germe était virtuellement l'animal entier; le rudiment d'un organe quelconque joue le même rôle à

(1) Burdach, *Physiologie*, trad. p. A.-J.-L. Jourdan, t. III. — Rathke, *Abhandlungen zur Bildungs-und Entwickelungsgeschichte*. Leipzick, 1832, 1833. — Baer, *Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere*, t. I et II. — Valentin, *Entwickelungsgeschichte*. — Ammon, *Die chirurgische Pathologie in Abbildungen*. Leipzick, 1838. — Bischoff, *Traité du développement de l'homme*. Paris, 1843.

l'égard de toutes les structures qui en émaneront un jour, avec cette différence, que le germe potentiel se suffit pour l'assimilation de la matière nutritive, et ne dépend d'aucun autre pouvoir, tandis que la puissance d'un organe, pour produire les parties qui doivent entrer dans sa composition, est soumise à celle de l'organisme entier, et semble n'agir que par délégation de cette dernière puissance. Il existe donc, entre le blastème d'une partie qui se développe et tout l'ensemble du système organique, la même relation à peu près qu'entre la partie complétement formée et l'organisme entier. Chez les animaux inférieurs, chaque partie agit, comme déléguée du tout, aussi longtemps qu'elle demeure unie avec lui; mais elle peut être séparée du tout, se soustraire à son influence dominatrice, et devenir elle-même la base d'un nouveau tout, comme nous avons vu qu'il arrive chez les hydres et les planaires.

Cependant le blastème ne doit point être regardé comme une masse plastique, molle, gélatineuse et dépourvue de structure, ou seulement formée de globules, telle qu'il se montre à l'œil nu et à un faible grossissement; les recherches de Schwann ont démontré qu'il est composé d'un liquide, de granules qui se convertissent en noyau de cellules et en cellules elles-mêmes, enfin de cellules déjà complètes. C'est en ce sens que le mot *blastème* doit être pris toutes les fois que nous le prononcerons à l'occasion d'un système organique quelconque.

Colonne vertébrale et crâne.

Les conditions persistantes de la colonne vertébrale, chez certains poissons, dont la description a été donnée par G. Cuvier, C.-A.-S. Schultze, Baer et moi, offrent des points de comparaison très remarquables avec l'état fœtal du rachis chez les animaux des classes supérieures.

La partie primitive de la colonne vertébrale, chez tous les animaux vertébrés, est la corde dorsale, production gélatineuse, composée de cellules. Cette corde se termine en pointe à l'extrémité crânienne et à l'extrémité caudale de l'animal. Par les progrès du développement, elle s'enveloppe d'une gaîne membraneuse, et acquiert enfin une structure fibreuse : ses fibres sont annulaires. On doit la regarder comme l'axe impair du rachis entier, en particulier des futurs corps de vertèbres; mais jamais elle ne passe elle-même ni à l'état cartilagineux, ni à l'état osseux; elle demeure cachée dans les parties permanentes du rachis, qui se développent autour d'elle, et qui lui forment une espèce d'étui; du reste, elle ne persiste que chez un petit nombre d'animaux, car, chez la plupart, elle disparaît de très bonne heure.

Les vertèbres cartilagineuses ou osseuses naissent toujours par des rudiments pairs situés sur les côtés de la corde dorsale. Les rudiments deviennent les corps et les arcs. Chez certains animaux, cependant, ils ne sortent jamais des conditions rudimentaires, et ces animaux sont précisément ceux chez lesquels la corde dorsale persiste pendant toute la vie.

Le rachis des myxinoïdes ne présente aucune trace de segmentation : il n'y a, chez ces poissons, que la corde dorsale, et la couche fibreuse entourant sa gaîne, couche dans laquelle se produit le squelette, et qui forme aussi, vers le haut, la membrane destinée à couvrir le canal vertébral. Dans la lamproie, cette couche

renferme des lames cartilagineuses, qui correspondent aux arcs des vertèbres; mais il n'y a point encore de corps de vertèbres. Chez les chimères et les esturgeons (1), on remarque des pièces cartilagineuses, sur la corde ou sa gaîne, tant en haut qu'en bas, c'est-à-dire que la couche fibreuse s'est développée en rudiments pairs de vertèbres, les uns supérieurs, les autres inférieurs. Les supérieurs forment les arcs supérieurs; les inférieurs deviennent apophyses transverses, et, à la queue des esturgeons, ils se réunissent en des arcs inférieurs, dans lesquels l'extrémité de l'aorte est contenue. Les pièces supérieures et inférieures ne sont pas encore unies ensemble chez ces animaux, si ce n'est à la partie la plus antérieure de la colonne vertébrale, où la corde dorsale est complétement entourée de masse cartilagineuse.

Fig. 276.

Les vertèbres des poissons paraissent donc provenir de la coalescence de quatre portions symétriques, dont les supérieures embrassent la moelle épinière, tandis que les inférieures entourent la fin de l'aorte à la queue, et portent les côtes au tronc. Les corps des vertèbres, qui enferment la corde spinale et sa gaîne, sembleraient aussi provenir de cette fusion; mais il n'en est point ici, car, chez les poissons, la cartilaginification ou l'ossification de la gaîne de la corde prend part à la formation de ces corps. A la vérité, la gaîne demeure fibreuse pendant toute la vie chez les esturgeons; mais déjà chez les chimères elle s'ossifie, et ces animaux qui, durant leur vie entière, conservent une corde, comme base de la colonne vertébrale, présentent, dans la gaîne épaisse qui l'enveloppe, et sur laquelle reposent les rudiments cartilagineux pairs des vertèbres, de minces languettes ossifiées, qui sont beaucoup plus nombreuses que les segments de vertèbres ne le sont sur la corde. Ce n'est qu'en dedans et en dehors que la gaîne de la corde conserve sa nature membraneuse. On voit donc déjà ici que le corps de la vertèbre de poisson se compose d'une partie centrale et d'une partie corticale, ayant chacune une origine toute différente. Chez les squales (2) et les raies, ainsi que chez les poissons osseux, le fait n'est pas moins évident : ici les vertèbres sont déjà plus ou moins complétement ossifiées. Dans les embryons de squales et de raies, on voit, à une certaine époque, que la corde est encore parfaitement homogène, et que sa gaîne épaisse supporte les rudiments pairs, supérieurs et inférieurs, de vertèbres, à l'état cartilagineux. Plus tard, la gaîne de la corde commence à offrir des étranglements à des intervalles qui correspondent aux distances des futures vertèbres; elle passe à l'état cartilagineux et à l'état osseux. Des étranglements réguliers de

Fig. 277.

(1) La figure 276 représente une partie de la colonne vertébrale de la *Chimæra monstrosa*: 1, corde dorsale, avec sa gaine; 2, rudiment des apophyses transverses des vertèbres; 3, rudiments des arcs des vertèbres et cartilages cruraux; 4, cartilages intercruraux; 5, étroits cartilages qui complètent le canal spinal et sont interposés entre les paires d'arcs.

(2) La figure 277 représente, d'après Mueller, une partie de la colonne vertébrale d'un fœtus d'*Acanthias vulgaris*. A, vue de côté; B, coupe transversale : 1, éléments vertébraux supérieurs ou arcs; 2, gaine de la corde dorsale; 3, éléments vertébraux inférieurs.

la corde proviennent les facettes creuses qu'on remarquera dans la suite aux deux extrémités des vertèbres ; mais celles-ci sont souvent encore adhérentes ensemble dans le milieu. La couche du corps de vertèbre qui limite ces facettes est née de la gaîne de la corde : je l'appelle partie centrale du corps de la vertèbre de poisson. La couche externe ou corticale de ce corps naît de la coalescence des quatre rudiments primitifs latéraux. Les choses se passent de la même manière dans les poissons osseux. Chez plusieurs de ces animaux, tels que les cyprins et les saumons, il reste une suture sur les côtés du corps des vertèbres, et, chez les cyprins adultes, il y a trois ou quatre vertèbres où l'on parvient à séparer l'une de l'autre la partie centrale et la partie corticale du corps. L'espadon n'a pas de sutures latérales, mais il existe, chez lui, un vide entre les deux parties constituantes du corps de la vertèbre. La gelée de la corde, étranglée à chaque vertèbre, reste sur les facettes creuses des vertèbres contiguës.

La colonne vertébrale ne se développe cependant pas de la même manière dans toutes les classes.

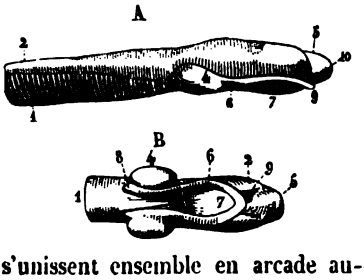
Chez les reptiles, il ne se produit pas d'éléments inférieurs de vertèbres, si ce n'est à la queue, où ils forment les arcs inférieurs. Les corps eux-mêmes se développent de plusieurs manières différentes, relativement à la corde. Chez les batraciens anoures, Dugès a signalé deux variétés principales. Dans le genre *Pelobates*, la corde n'est point entourée par les corps des vertèbres : ceux-ci et les arcs ne proviennent que des deux éléments supérieurs, qui s'unissent ensemble par le bas, de manière que la corde demeure ensuite logée au-dessous d'eux, dans une gouttière, jusqu'à ce que peu à peu elle disparaisse complétement. La même chose a lieu, d'après mes observations, dans le genre *Pseudis*. Chez les autres anoures et chez les salamandres, les corps des vertèbres ont une tout autre origine : la gaîne de la corde se charge d'ossifications annulaires, et ne demeure membraneuse que dans les interstices des vertèbres. De là résulte qu'à une certaine époque de la vie des larves, la corde dorsale se trouve emprisonnée dans des anneaux osseux très minces, qui, en augmentant d'épaisseur, la font disparaître peu à peu. Dans ce cas, les corps des vertèbres ne résultent pas d'éléments pairs, et les éléments pairs supérieurs, qui forment les arcs, ne font que se souder avec les anneaux ossifiés.

Chez les reptiles écailleux, les oiseaux et les mammifères, le type de la formation des vertèbres semble être différent. Du moins est-on certain qu'il offre des particularités dans la classe des oiseaux. Ici il ne produit qu'une seule paire d'éléments dans la portion du squelette qui correspond au tronc. A l'époque où le blastème forme ces rudiments, on voit apparaître, de chaque côté de la corde, des figures quadrilatères, qui sont les rudiments des vertèbres futures. Ces figures, s'accroissant peu à peu, entourent la corde en haut et en bas, et envoient vers le haut les arcs destinés à entourer la moelle épinière. Dans cet état primordial, les corps et les arcs des vertèbres sont constitués par une seule pièce de chaque côté. A une certaine époque, on voit les éléments pairs des vertèbres, devenus cartilagineux, être unis inférieurement par une suture. La corde se trouve alors contenue dans un étui formé par les corps des vertèbres ; peu à peu elle disparaît. Mais, avant qu'elle s'efface, les corps et les arcs des vertèbres s'ossifient, indépendamment les uns des autres.

L'ossification des corps des vertèbres s'observe d'abord à l'endroit où les éléments primitifs ont fini par s'unir inférieurement. Elle apparaît sous la forme de deux points confondus ensemble, et qui ne sont distincts l'un de l'autre qu'aux vertèbres sacrées de l'oiseau. Les vertèbres qui ne portent pas de côtes, comme les cervicales, ont généralement un point d'ossification de plus. Ce point, situé à l'apophyse transverse, doit être considéré comme un rudiment abortif de côte. Toutes les vertèbres cervicales du fœtus d'oiseau présentent de tels rudiments additionnels, qui, vers le bas du cou, s'allongent peu à peu pour produire les fausses côtes supérieures. Ces pièces osseuses existent aussi chez les mammifères et chez l'homme. L'inférieure est la plus grande de toutes : elle demeure isolée pendant assez longtemps chez l'enfant, et ressemble d'abord à un commencement de côte. De là résulte que les deux inférieures des vertèbres du cou des paresseux, auxquelles on aperçoit des rudiments de côtes, ne peuvent point être comptées parmi les vertèbres dorsales, et que les paresseux ont réellement neuf véritables vertèbres cervicales. Quant aux vertèbres lombaires, il est rare qu'on ait occasion de remarquer, à leurs apophyses transverses, des ossifications distinctes, représentant des rudiments abortifs de côtes : cependant il est, chez le cochon, une certaine époque de la vie embryonnaire à laquelle on en trouve ordinairement. A la même catégorie se rapportent les deux pièces osseuses qui, chez l'homme et les animaux, unissent de chaque côté les vertèbres sacrées avec l'os des iles. Ces pièces ont même une certaine longueur chez les crocodiles et les tortues, où l'on voit que le bassin se trouve réellement uni avec la colonne vertébrale par des côtes sacrées (1).

Le crâne est la continuation de la colonne vertébrale. Il se développe beaucoup plus tôt que le squelette de la face. Dans le principe, il ne représente qu'une capsule indivise, avec la base de laquelle se continue la corde spinale terminée en pointe. Cet état de choses persiste pendant toute la vie chez les cyclostomes, les raies et les squales. Dans les cyclostomes et les esturgeons, la corde spinale conserve, durant la vie entière, cette relation avec la base du crâne, jusqu'au milieu à peu près duquel s'étend sa pointe, entièrement couverte elle-même de la gaîne. C'est dans l'*Ammocœtes* (2) que j'ai vu pour la première fois apparaître un support solide à la base du crâne, sous la forme de deux branches cartilagineuses, l'une à droite, l'autre à gauche, qui font corps avec la capsule cartilagineuse de l'organe auditif, et qui, antérieurement, s'unissent ensemble en arcade au-dessous de l'extrémité antérieure de la boîte

Fig. 278.



(1) *Vergleichende Anatomie der Myxinoïden*, p. 303.

(2) La figure 278 représente, d'après Mueller, les parties rudimentaires du crâne de l'*Ammocœtes branchialis*. A, vues de côté ; B, vues d'en haut : 1, gaine interne de la corde dorsale; 2, tube de la moelle épinière ; 3, capsule cérébrale ; 4, capsule auditive ; 5, capsule nasale; 6, bandes palatales de cartilage ; 7, lames palatales, unies aux cartilages sur les bords ; 8, cartilage de la base du crâne ; 9, commissure antérieure des cartilages palataux ; 10, orifice nasal.

cérébrale. Ces cartilages basilaires du crâne ont entre eux, chez l'*Ammocœtes* et la *Myxine*, la portion céphalique de la corde. Le *Bdellostoma* fait un pas de plus ; chez lui, les deux cartilages sont tout à fait soudés ensemble en arrière, et représentent un cartilage basilaire simple, dans lequel la corde est cachée. On voit qu'au crâne, comme au rachis, la corde est d'abord garnie de parties paires, qui peuvent se souder ensemble et l'envelopper complétement. Rathke (1) a reconnu aussi, chez les embryons des serpents et d'autres animaux, que la formation des vertèbres crâniennes proprement dites était précédée du développement de deux bandes de cartilages symétriques, semblables à celles que j'ai observées chez l'*Ammocœtes*, où elles persistent pendant toute la durée de la vie.

La base du crâne des vertébrés contient plus tard trois corps de vertèbres, dont le plus antérieur est généralement plus petit, et souvent même abortif, chez la plupart des animaux, tandis que tous sont très prononcés chez les mammifères et chez l'homme. Il se produit, à la suite l'un de l'autre, dans le cartilage basilaire, trois points d'ossification, séparés par des sutures, et représentant, chez les mammifères, un pédicule, terminé en pointe antérieurement, sur lequel s'appliquent les parties latérales des vertèbres. Ces corps de vertèbres sont l'os basilaire occipital, l'os basilaire sphénoïdal postérieur et l'os basilaire sphénoïdal antérieur, qui sont très nettement séparés les uns des autres chez tous les mammifères. Les parties latérales de vertèbres qui se développent dans la capsule cérébrale sont les occipitaux latéraux, les sphénoïdaux latéraux postérieurs, ou grandes ailes, et les sphénoïdaux latéraux antérieurs, ou petites ailes. L'occipital supérieur, ou portion squameuse, les pariétaux et le frontal viennent compléter la capsule en dessus. Entre les pariétaux et l'occipital supérieur, se produisent, chez quelques animaux, des os wormiens, analogues à ceux qui, chez les squales et les raies, existent entre les arcs des vertèbres. Il s'en forme aussi à la base de la colonne vertébrale (chez l'esturgeon), et à celle du crâne. A cette catégorie semblent appartenir les rochers, qui n'ont pas de connexions exclusives avec l'organe auditif, et qui, à partir de la classe des oiseaux, partagent avec d'autres os la fonction d'enclore le labyrinthe.

La portion squameuse du temporal prend aussi part, chez l'homme et les animaux supérieurs, à la formation du crâne, dont elle est plus ou moins exclue chez les reptiles et les poissons. Elle a pour fonction de porter le membre de la tête, c'est-à-dire la mâchoire inférieure. Chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, plusieurs autres pièces encore entrent dans sa composition, comme l'os carré et l'os zygomatique (2). Chez les jeunes mammifères, on remarque aussi, dans l'appareil temporal, le cadre du tympan et la *bulla tympani*, que Hagenbach a vu former autant de pièces distinctes chez quelques uns de ces animaux. Platner a observé un cadre du tympan chez plusieurs oiseaux. Les grenouilles aussi en ont un rudiment.

Face et arcs viscéraux.

La face des animaux vertébrés se compose des organes sensoriels appendus au crâne et aux vésicules cérébrales (le nez, l'œil, l'oreille), et de deux mâchoires,

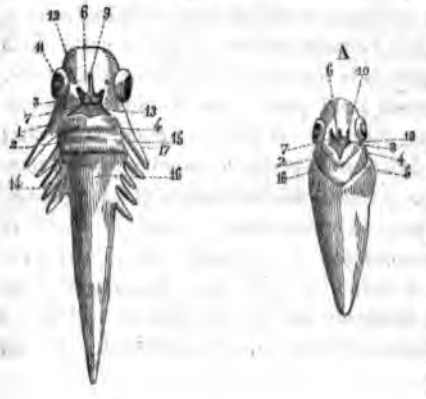
(1) *Ueber die Entwickelung des Schædels.* Kœnigsberg, 1839.

(2) *Comp.* Hallmann, *Vergleichende Osteologie des Schlæfenbeins.* Hanovre, 1837.

avec leurs muscles. La mâchoire supérieure, à l'état complet, et conformément au plan général des animaux vertébrés, comprend cinq os, savoir, l'intermaxillaire, le vomer, le maxillaire supérieur, le palatin et le ptérygoïdien ou palatin postérieur, pièces qui, toutes, peuvent être doubles et porter des dents, mais dont quelques unes peuvent aussi ne point supporter de dents et demeurer à l'état rudimentaire. Tels sont, chez l'homme et les mammifères, le vomer, l'os palatin et l'os ptérygoïdien, qui, chez plusieurs animaux, prolonge le palais en arrière. Dans l'état le plus parfait, l'appareil maxillaire supérieur atteint, par le moyen de l'os ptérygoïde, jusqu'à la mâchoire inférieure, et les deux mâchoires représentent ainsi une sorte de fourche suspendue à l'os temporal. De toutes ces parties, les batraciens n'ont qu'un palais imparfait : il n'existe chez eux ni mâchoire supérieure ni mâchoire inférieure. Les organes sensoriels des vertébrés sont fréquemment pourvus d'os particuliers; tels sont l'ethmoïde, les os propres du nez, les os orbitaires (lézard et python), les sous-orbitaires des poissons, l'anneau du tympan. On rencontre aussi, chez beaucoup d'animaux, entre la tempe et la mâchoire supérieure, une arcade complétée par l'os jugal.

Baer, Rathke et Reichert ont étudié le développement de la face. Avant que cette portion de la tête apparaisse, la région céphalique de la cavité viscérale est limitée en haut par le rudiment de la capsule qui contient les vésicules cérébrales, en bas et sur les côtés par ce qu'on appelle les arcs viscéraux antérieurs. Il n'y a pas encore de cavité nasale, et la cavité viscérale de la tête s'étend depuis le premier arc viscéral jusqu'à la capsule vertébrale. Les arcs viscéraux sont au nombre de trois chez les oiseaux et les mammifères, qui ont aussi trois fentes. La première fente devient le conduit auditif externe, et en dedans se transforme en caisse du tympan et trompe d'Eustache; la seconde et la troisième disparaissent: la face commence alors à se former. D'abord elle est composée d'une portion moyenne, qui procède du front (le prolongement frontal de Baer), et d'une autre, qui part de l'extrémité supérieure du premier arc viscéral. La face comprend donc primordialement deux parties séparées l'une de l'autre, une moyenne et une latérale. La partie latérale inférieure destinée à devenir l'appareil maxillaire supérieur et l'appareil maxillaire inférieur, naît, suivant Reichert (1), du coude décrit

Fig. 279.



(1) La figure 279 représente, d'après Reichert, le développement des parties de la face dans l'embryon de *Triton tæniatus*. A, embryon de 4 lignes, grossi; B, autre embryon plus avancé dans son développement : 1, premier sac viscéral; 2, second arc; 3, seconde apophyse viscérale; 4, première fente viscérale; 5, seconde fente viscérale; **6, apophyse nasale ou frontale antérieure; 7, rudiments de la mâchoire supérieure; 8, rudiments de l'os intermaxillaire supérieur; 9, fente entre l'apophyse nasale ou frontale antérieure; 10, ouverture nasale et**

par le premier arc viscéral, savoir l'appareil maxillaire supérieur de la partie située au-dessus de ce coude, et l'appareil maxillaire inférieur de celle qui se trouve au-dessous. La masse de la mâchoire supérieure se porte à la rencontre du prolongement frontal, et s'unit avec lui de manière que la cavité qui reste au-dessous de ce prolongement et entre les masses maxillaires droite et gauche devient la cavité nasale. Les masses maxillaires des deux côtés venant ensuite à s'unir aussi l'une avec l'autre au-dessous de cette cavité, il résulte de là que la cavité nasale se trouve séparée de la cavité buccale par un palais. Puis on voit apparaître, au prolongement nasal de la paroi frontale, la substance de l'intermâchoire supérieure, à laquelle correspond, sur la partie inférieure de l'arc viscéral de laquelle se produit la mâchoire inférieure, une portion détachée, à laquelle Reichert donne le nom d'intermâchoire inférieure. On ne sait pas encore bien de quelle partie procède d'abord l'intermâchoire supérieure : car, bien que le blastème qui l'engendre se fasse d'abord remarquer entre les prolongements nasaux de la partie de la face qui dérive du front, il pourrait fort bien aussi provenir des prolongements nasaux eux-mêmes, et de la portion contiguë du sommet du premier arc viscéral. Cette dernière origine me semble s'accorder mieux que l'autre avec les données de l'anatomie comparée, parce que, dans l'état aussi complet que possible, l'os intermaxillaire, le vomer, l'os maxillaire, le palatin et le ptérygoïde, appartiennent à l'appareil maxillaire supérieur. Alors il ne resterait plus, comme portion sensorielle de la tête, que la région moyenne antérieure, qui s'attache à l'extrémité du crâne, et qui ne fait qu'un avec ce dernier chez les plagiostomes, tandis que l'appareil maxillaire supérieur en est séparé chez ces poissons. Cependant l'anatomie comparée fournit aussi des arguments en faveur de l'autre manière de voir ; car le vomer, qui procède également du milieu, appartient à la catégorie générale des os maxillaires et portant des dents ; s'il est abortif ou rudimentaire chez l'homme et les mammifères, il peut supporter des dents chez les poissons et les batraciens. Il serait donc possible que l'intermâchoire eût un sort analogue, et que son mode d'origine différât de celui des autres pièces maxillaires. Dans les cas de scissure du palais, où les os maxillaires et palatins des deux côtés ne se rejoignent pas, l'os intermaxillaire droit et celui de gauche ne sont point séparés l'un de l'autre, et, au lieu de se disjoindre pour suivre l'os maxillaire supérieur correspondant, ils demeurent unis en devant, de sorte que la scissure se prolonge de chaque côté entre la mâchoire supérieure et l'intermâchoire, et que celle-ci reste pendante au vomer, avec les dents incisives qu'elle supporte. On a vu par ce qui précède qu'un long laps de temps s'écoule avant que la cavité nasale soit séparée de la cavité buccale par un palais. Cette séparation ne commence à avoir lieu que quand les masses maxillaires supérieures s'allongent horizontalement vers la ligne médiane, où elles finissent ainsi par se rencontrer.

Le mode de développement de la face, outre qu'il permet d'expliquer la scissure congénitale du palais et la séparation également congénitale de la mâchoire supérieure et de l'intermâchoire, semble jeter aussi quelque lumière sur les scissures congénitales qui, passant entre les os maxillaire supérieur et intermaxillaire, s'é-

terne ; 11, œil ; 12, petite élévation de l'os lacrymal ; 13 ouverture de la bouche ; 14, branchies externes ; 15, opercule branchial membraneux ; 16, élévation produite par le cœur et les arcs aortiques.

tendent vers le haut bout jusque dans l'orbite. Ces anomalies, qui correspondent à des états primitifs, portent le nom d'arrêts de développement. Mais, quelque fructueuse qu'ait pu être cette théorie, et quelque importance qu'elle ait acquise par les travaux de Meckel, comme moyen d'expliquer les scissures des téguments, il n'en est pas moins nécessaire d'y apporter certaines restrictions. Le bec-de-lièvre, scissure de la lèvre supérieure à l'endroit de la jonction, dépend sans doute d'un arrêt de développement; mais il ne tient pas uniquement à cette cause; car, à aucune époque, la lèvre supérieure n'offre primordialement rien de semblable, et toujours elle se produit sous la forme d'une bande complète; mais l'arrêt de développement des parties profondes paraît entraîner à sa suite une formation incomplète de cette languette transversale.

Les transformations que les arcs viscéraux subissent chez les mammifères sont les suivantes, d'après les observations de Reichert (1). Le blastème du premier de ces arcs produit l'appareil maxillaire supérieur, la mâchoire inférieure et une partie des osselets de l'ouïe, savoir, le marteau et l'enclume. Meckel a découvert que, chez le fœtus des mammifères et de l'homme, le marteau se prolonge, au côté interne de la mâchoire inférieure, jusqu'à la face interne du menton, et que là il s'unit en arcade avec celui du côté opposé. Par conséquent, il se produit, dans le premier arc viscéral, un arc maxillaire inférieur et un arc malléen. Reichert a fait voir que ce dernier apparaît avant l'autre. Après le développement de la mâchoire inférieure, le prolongement du marteau vient se placer au côté interne du premier rudiment de cet os; il commence à s'atrophier dès que la mâchoire inférieure est presque entièrement formée et ossifiée.

Le second arc viscéral est employé à former tant l'appareil suspenseur de l'hyoïde que l'étrier. L'appareil suspenseur de l'hyoïde, chez l'homme, se compose d'une portion supérieure osseuse, l'apophyse styloïde, qui, d'abord isolée, se soude ensuite à l'os temporal; puis vient une portion ligamenteuse, le ligament stylo-hyoïdien; enfin, une seconde portion osseuse, la petite corne de l'hyoïde. Chez la plupart des mammifères, la presque totalité de l'appareil suspenseur de l'hyoïde s'ossifie, et forme la corne antérieure de l'hyoïde, laquelle est composée de plusieurs segments. Les cornes postérieures et le corps de cet os proviennent d'une strie cartilagineuse contenue dans le troisième arc viscéral (2).

Membres.

Les membres se développent de la même manière chez tous les mammifères. Leur première forme est celle de lames qui s'élèvent des parois du tronc à l'endroit où apparaît une portion plus ou moins étendue de ceinture destinée à les produire. Cette forme est à peu près la même, que le membre doive servir ensuite à la natation, à la reptation, à la marche ou au vol. En effet, le rudiment primitif est calqué sur le type général des animaux vertébrés; il acquiert ensuite la configuration propre à chaque espèce. Chez l'homme, les doigts sont d'abord réunis par

(1) *Voy.*, sur les transformations des arcs viscéraux chez les oiseaux et les reptiles, Reichert, *Vergleichende Entwickelungsgeschichte des Kopfs der nakten Amphibien.* Kœnigsberg, 1838.

(2) *Cons.*, sur l'hyoïde, un remarquable article de Geoffroy-Saint-Hilaire, dans sa *Philosophie anatomique*, t. I, 1818, p. 139.

du blastème imitant une sorte de membrane natatoire; mais on doit voir là moins un trait de ressemblance avec les animaux nageurs que la forme primitive de la main, dont les parties s'isolent ensuite peu à peu.

Je suis obligé de renvoyer aux traités généraux pour ce qui concerne le développement des diverses parties du système osseux, sujet à l'égard duquel on trouvera surtout de longs détails dans l'ouvrage de Valentin (1).

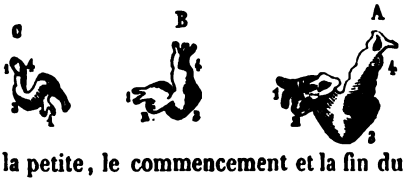
Système vasculaire.

Le développement du système vasculaire et du cœur, dans la membrane germinative, a déjà été décrit précédemment. La première forme de la circulation nous est offerte par l'*area vasculosa*, entourée du sinus terminal, dans laquelle le sang arrive du cœur et de l'aorte par deux artères transversales, et d'où il retourne au cœur par des veines opposées, qui viennent du haut et du bas. Cette disposition change plus tard; les veines opposées aux artères sont remplacées par d'autres qui naissent du vaisseau vasculaire de l'*area vasculosa*, et accompagnent les artères transverses; le sinus terminal s'efface, et les vaisseaux s'étalent sur le sac vitellin tout entier.

Cœur.

Chez tous les animaux, le cœur est d'abord un canal simple, qui reçoit les troncs veineux à son extrémité inférieure, et dont l'extrémité supérieure se partage en troncs artériels, les arcs aortiques. Tandis que ce canal se recourbe en fer à cheval, il se produit dans son intérieur, chez tous les animaux vertébrés, trois compartiments, savoir: le postérieur, oreillette simple, qui reçoit les troncs veineux; le moyen, ventricule simple; et l'antérieur, bulbe de l'aorte. Ces trois compartiments se contractent l'un après l'autre. On les aperçoit du second au troisième jour chez les oiseaux (2). L'oreillette et le bulbe de l'aorte sont alors situés aux extrémités des branches du fer à cheval.

Fig. 280.



L'ampliation de haut en bas qu'acquiert la partie moyenne fait naître les premiers indices de la forme ventriculaire. Tandis que, de cette manière, la grande courbure du fer à cheval, entre l'oreillette et le bulbe, se développe beaucoup plus que la petite, le commencement et la fin du cœur, ou l'oreillette et le bulbe, se rapprochent l'un de l'autre vers le haut, et le ventricule se prononce vers le bas.

Le cœur des poissons conserve ces trois compartiments, sans qu'il se produise à l'intérieur de cloisons marquant la séparation entre un cœur droit et un cœur gauche. Le cœur des reptiles nus les offre également durant toute la vie; mais l'oreillette se divise, par le moyen d'une cloison, en deux oreillettes, l'une pour le sang pulmonaire, l'autre pour le sang du corps. Chez les reptiles écailleux, outre

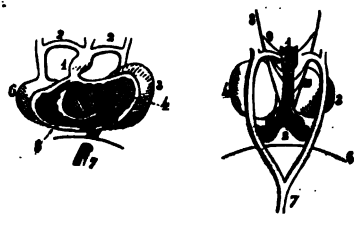
(1) *Cons.*, aussi Burdach, *Traité de physiologie*. Paris, 1838, t. III, p. 407 et suiv.

(2) La figure 280 représente, d'après Allen Thomson (*Edinb. new phil. Journ.*, t. IX), le cœur du poulet aux 45e, 65e et 85e heures de l'incubation : 1, les troncs veineux; 2, oreillettes; 3, ventricules; 4, bulbe aortique.

la cloison des oreillettes, il s'en développe une, plus ou moins complète, entre les ventricules. Chez les oiseaux, les mammifères et l'homme, les oreillettes et les ventricules sont arrivés à se séparer complétement. Les animaux, et aussi les reptiles écailleux, ne conservent pas pendant toute la vie le bulbe musculeux de l'aorte, qui finit par se confondre avec les ventricules.

La division de l'oreillette et des ventricules en cœur droit et cœur gauche commence, chez les oiseaux, vers la soixante ou soixante-dixième heure. Suivant Baer, la division des ventricules débute au sommet du cœur, d'où elle s'étend peu à peu vers le haut. A. Thomson a encore aperçu une communication au bout de sept jours et demi; elle disparaît plus tard, en même temps qu'il se produit, dans le bulbe de l'aorte, une cloison pour les racines de l'aorte proprement dite et de l'artère pulmonaire. La cloison des oreillettes se développe d'un pli semi-lunaire, dont la croissance a lieu de haut en bas : l'oreillette gauche est d'abord fort petite; au bout de six jours, on la trouve en communication avec les veines pulmonaires. Chez l'homme (1), suivant Meckel, la division des ventricules commence vers la quatrième semaine, et elle est achevée au bout de deux mois. La cloison des oreillettes demeure incomplète, pendant la vie fœtale, chez l'homme et chez les animaux qui en ont une. D'abord, quand la séparation des oreillettes commence, les deux veines caves ont des relations différentes avec ces cavités : la supérieure s'abouche, comme chez l'adulte, dans l'oreillette droite; mais l'inférieure est disposée de manière qu'elle semble s'insérer dans l'oreillette gauche, et la partie postérieure de la cloison inter-auriculaire est formée par la grande valvule d'Eustache, qui commence à l'entrée de la veine cave inférieure. Plus tard, la cloison, qui croît de haut en bas, se porte de plus en plus au côté gauche de la veine cave inférieure. Pendant toute la vie fœtale, il reste, dans la cloison inter-auriculaire, une ouverture imparfaitement couverte par la valvule du trou ovale, qui se ferme au troisième mois (2).

Fig. 281.



Arcs aortiques et vaisseaux pulmonaires.

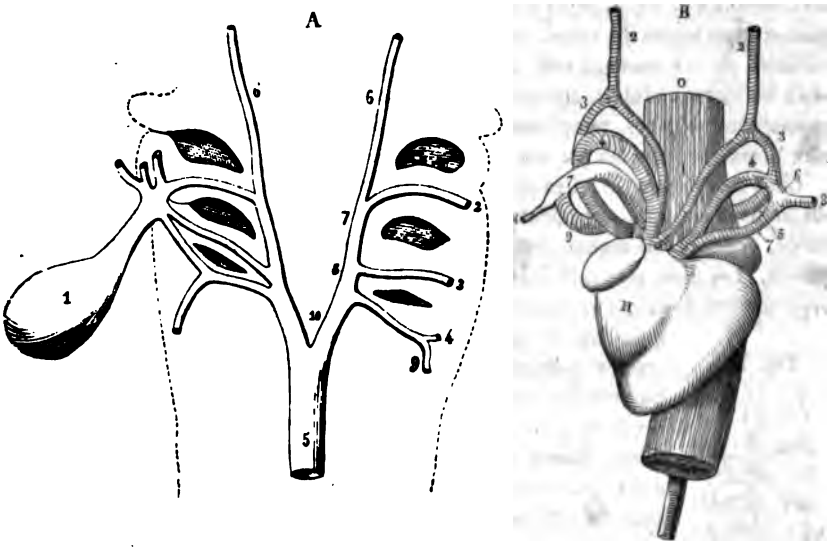
Chez les jeunes embryons de tous les animaux vertébrés, le sang, en sortant du bulbe de l'aorte, coule des deux côtés de la cavité du tronc, pour se réunir, au-devant de la colonne vertébrale, dans un vaisseau unique, l'aorte descendante.

(1) La figure 281 représente, d'après Baer, le cœur de l'embryon humain de la cinquième semaine environ : A, le cœur ouvert du côté abdominal : 1, bulbe artériel; 2, deux arcs aortiques, qui s'unissent postérieurement pour former l'aorte; 3, oreillette (qui alors est une cavité simple); 4, orifice qui mène de l'oreillette dans le ventricule (6); 5, cloison qui s'élève du fond de la cavité du ventricule; 7, veine cave inférieure; — B le même cœur, vu par derrière : 1, trachée; 2, poumons; 3, ventricules; 4, 5, oreillette; 6, diaphragme; 7, aorte descendante; 8, nerf vague; 9, ses branches; 10, continuation de son tronc.

(2) Meckel's *Archiv*, t. II, p. 402. — Kilian, *Ueber den Kreislauf des Blutes im Kinde welches noch nicht geathmet hat*. Carlsruhe, 1826. — Allen Thomson, *Edinb. new phil. Journ.* 1830, p. 862.— Baer, Valentin et Bischoff, *loc. cit.* — *Comparez* Prevost et Lebert, *Sur la formation des organes de la circulation dans les batraciens*, dans *Annales des sc. nat.*, 1833, t. I, p. 193.

Suivant Serres, l'aorte descendante est double dans toute sa longueur, chez l'embryon d'oiseau, vers la quarantième à la cinquantième heure. Allen Thomson a remarqué cette disposition vers la trente-sixième à la quarantième heure; mais, de la quarante-huitième à la cinquantième, il a trouvé les deux vaisseaux déjà réunis dans une étendue considérable. Reichert a également reconnu, dans les premiers, l'existence d'un petit point transversal. Les arcs aortiques sont toujours au nombre de plusieurs, et d'abord ils ont des connexions avec les arcs viscéraux. Chez les animaux qui respirent par des branchies, et dont les arcs viscéraux sont employés en partie à la formation du squelette branchial, chacun des arcs aortiques se métamorphose en deux vaisseaux parallèles, dont l'un, artériel, se ramifie tout entier dans les branchies, sans avoir aucune connexion avec l'aorte vertébrale; tandis que le second, veineux, naît des lamelles branchiales, et devient, avec son pareil, la racine de l'aorte vertébrale. La même chose a lieu chez les reptiles nus; mais les vaisseaux branchiaux se transforment ensuite de nouveau en trois arcs aortiques, qui, après que l'appareil branchial a cessé d'exister, descendent dans la cavité thoracique, et deviennent permanents.

Fig. 282 (1).



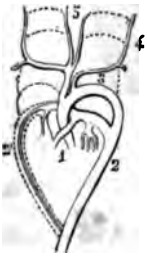
Les squales, les raies et les reptiles nus ont des branchies ou de fœtus ou de

(1) La figure 282 représente en A et en B, d'après Huschke, les changements en vertu desquels a condition adulte des gros vaisseaux provenant du cœur est produite par la structure embryonnaire : 1, 1, première paire d'arcs aortiques chez l'embryon, donnant les artères innominées 2, 2); 3, branches de communication entre le premier et le second arc aortique (oblitérés pendant le cours du développement); 4, 4, seconde paire d'arcs aortiques : celui du côté droit devient la crosse persistante de l'aorte; celui du côté gauche est la future artère pulmonaire gauche; 5, canal artériel qui s'oblitère; 6, anastomose entre le second et le troisième arc aortique du côté gauche; 7, troisième arc aortique : celui du côté gauche s'oblitère; celui de droite forme l'artère pulmonaire droite; 8, 8, les artères pulmonaires; *g*, branches de communication entre le troisième et le deuxième arc du côté droit; 10, aorte descendante; *h*, cœur; *o*, œsophage.

larve. Ces branchies diffèrent des branchies permanentes, en ce qu'elles forment des filaments ou des pinceaux saillants hors des cavités branchiales, et contenant des anses vasculaires. Les branchies externes des squales et des raies ne persistent pas, au reste, pendant toute la vie du fœtus, mais disparaissent à une certaine époque, de manière qu'on n'en aperçoit plus aucune trace chez les fœtus plus avancés en âge (1). Les branchies externes de quelques reptiles nus, tels que le crapaud accoucheur, la salamandre terrestre et autres, sont déjà parfaitement développées et prennent part à la circulation du sang pendant la vie fœtale. Chez les grenouilles, elles sont destinées uniquement aux premiers jours de la vie du têtard, et elles disparaissent ensuite pour faire place à des branchies internes. Lorsque les poumons des grenouilles se sont développés, leur artère est, de chaque côté, une branche de l'arc aortique le plus inférieur, tandis que les parties postérieures de ces arcs représentent en quelque sorte des canaux artériels permanents. Chez les reptiles écailleux, il ne se développe point de branchies ni de vaisseaux branchiaux au système des arcs viscéraux, et les aortes multiples descendent dans la cavité pectorale, mais continuent en partie de subsister pendant le reste de la vie. Les lézards ont quatre arcs aortiques permanents, deux de chaque côté. Les tortues, les crocodiles et les serpents n'en ont que deux, dont l'un fournit les vaisseaux des parties supérieures du corps, et l'autre l'artère destinée aux viscères. L'artère pulmonaire de ces animaux naît à part des ventricules; cependant on peut encore, chez les tortues adultes, apercevoir des traces de deux autres arcs aortiques, qui, maintenant oblitérés, remplissaient autrefois le rôle de canaux artériels par rapport aux branches envoyées par eux aux poumons.

Chez les oiseaux (2), il existe six arcs aortiques à une certaine époque de la vie du fœtus. Les deux supérieurs donnent les artères des parties supérieures du corps, celles qu'on nomme troncs innominés, et leurs parties postérieures s'atrophient. Les deux arcs inférieurs fournissent les branches destinées au poumon, et représentent deux canaux artériels allant à l'aorte descendante, qui ne s'atrophient qu'à l'âge de maturité, tandis que les branches pulmonaires, devenues indépendantes, se réduisent au tronc unique de l'artère pulmonaire provenant du cœur, laquelle appartient au ventricule droit, et s'est de très bonne heure isolée de l'aorte par le moyen d'une cloison développée dans l'intérieur du bulbe aortique. Des deux arcs moyens, il ne reste plus que celui du côté droit, car celui du côté gauche s'oblitère de très bonne heure (3).

Fig. 283.



Chez les mammifères (4), d'après les observations de Baer, les arcs aortiques se réduisent de bonne heure à trois, dont l'un est la crosse permanente de l'aorte, tandis que les deux autres sont des canaux artériels de l'artère pulmonaire. De ces deux der-

(1) Leuckart, *Ueber die æusseren Kiemen der Embryonen von Rochen und Haien.* Stuttgardt, 1836.

(2) Voyez la figure 282.

(3) Huschke, *Isis*, 1827, p. 401; 1828, p. 161. — *Comp.* Allen Thomson, dans *Edinb. new philos. Journ.*, 1831.

(4) La figure 283 représente, d'après Baer, le plan de transformation du système des arcs aortiques en troncs artériels permanents, chez les mammifères. 1 indique la situation de chaque

niers, celui du côté droit s'oblitère aussi par la suite, de manière que, derniers temps de la vie embryonnaire, chez l'homme et les mammifères, il ne reste plus que deux arcs aortiques provenant, l'un du ventricule droit, et l'autre du ventricule gauche. De ces deux arcs, le premier forme les branches pulmonaires artérielles, et l'autre les vaisseaux des parties supérieures du corps. Tous deux ont et conservent le même calibre jusqu'à l'époque de la maturité. Après la naissance, la portion postérieure de celui qui appartient au ventricule droit (canal artériel de Botal) se resserre promptement; elle finit même par s'oblitérer au bout de quelques semaines, tandis que la portion antérieure forme le tronc de l'artère pulmonaire indépendante. A la même époque se ferme le trou ovale.

Chez les oiseaux, l'arc permanent de l'aorte est un de ceux du côté droit, c'est-à-dire un de ceux qui gagnent à droite la colonne vertébrale, en contournant la trachée-artère et l'œsophage; chez les mammifères et l'homme, au contraire, c'est un de ceux du côté gauche.

Veines.

Il résulte des belles observations de Baer que le système veineux offre aussi d'abord la même disposition chez tous les embryons des animaux vertébrés, et que c'est seulement à une époque postérieure qu'il s'écarte du type commun primitif de plusieurs manières particulières. Dans l'origine, il y a deux troncs veineux antérieurs (veines jugulaires), et deux postérieurs, que Rathke appelle veines cardinales. L'un des troncs antérieurs et l'un des postérieurs s'unissent ensemble, de chaque côté, en un tronc transversal, qu'on nomme *canal de Cuvier*. Les deux canaux de Cuvier se réunissent, au-dessous de l'œsophage, en un conduit plus court, qui s'abouche dans l'oreillette originairement simple. Les veines cardinales reçoivent primitivement les veines caudales, des branches provenant des reins et des corps de Wolff, d'autres de la paroi dorsale du tronc qui constituent plus tard les veines intercostales et lombaires, enfin, chez les animaux pourvus de membres, les deux veines crurales. On peut, chez tous les animaux, donner à ce système le nom de système de l'oreillette simple. Chez la plupart des vertébrés, il subsiste aussi longtemps que leur cœur ressemble à celui des poissons. Chez les poissons, il persiste durant toute la vie. Chez les reptiles, les veines cardinales se transforment en veines rénales afférentes, qui reçoivent le sang des membres postérieurs. Le tronc commun des deux canaux de Cuvier se trouve de très bonne heure, chez les animaux supérieurs aux poissons, absorbé par l'oreillette primitivement simple: après que la cloison s'est formée, les deux canaux s'ouvrent, chacun à part, dans

tronc originaire simple qui naît de chaque ventricule, et qui s'est divisé en deux branches. Chaque tronc fournit cinq paires d'arcs aortiques, qui se terminent aux deux racines de l'aorte (2, 2'). Ceux de ces arcs qui sont oblitérés de très bonne heure sont marqués par des lignes ponctuées. Le premier arc du côté droit, avec la racine de l'aorte de ce côté (2'), qui demeure plus longue, et forme le canal artériel droit, est tracé par une ligne ponctuée de chaque côté. Les vaisseaux qui subsistent encore à la naissance sont indiqués par des lignes pleines. Ce sont le premier arc du côté gauche, constituant le canal de Botal, qui est en grande partie oblitéré peu de temps après la naissance, et le second arc du côté gauche, constituant la crosse permanente de l'aorte (3). Les artères sous-clavières (4) et carotides (5) sont vues formées par les parties des autres arcs aortiques primitifs; après l'oblitération du canal artériel gauche, l'artère pulmonaire est le seul reste de la première paire des arcs aortiques.

l'oreillette droite. Les veines sous-clavières s'unissent avec les jugulaires. Les canaux de Cuvier persistent, chez les oiseaux et chez quelques mammifères, sous la forme de deux veines caves antérieures, dont chacune conserve son embouchure distincte. Chez d'autres animaux, il ne reste que celui du côté droit pour constituer une veine cave antérieure. Dans les serpents, les lézards, les oiseaux et les mammifères, il se produit un système de veines vertébrales : les postérieures sont l'azygos et la demi-azygos (ou plus exactement, car elles sont petites et ont seulement un tronc commun impair, les veines conjuguées, dont le tronc est l'azygos). Le sang des veines vertébrales antérieures et postérieures coule dans la veine cave supérieure.

La veine omphalo-mésentérique, qui reçoit aussi la veine mésentérique, est un tronc primitif et qui existe généralement chez les animaux vertébrés. Elle aboutit seule à l'oreillette, avec les conduits de Cuvier, entre lesquels elle se trouve d'abord placée. Lorsque le foie s'est formé, ce tronc lui envoie des branches, et en reçoit de lui d'autres appelés veines hépatiques (oiseaux, mammifères); entre les deux ordres de vaisseaux hépatiques marche le tronc, et de cette manière se trouve produite une veine cave, dont le sang parcourt le foie et revient par les veines hépatiques.

Il ne se forme pas de veine cave postérieure chez les poissons. Chez les oiseaux et les mammifères, cette veine prend naissance entre les corps de Wolff, et elle se jette originairement, au-devant du foie, dans l'extrémité de la veine omphalo-mésentérique, de sorte qu'après le développement de la circulation hépatique elle reçoit le sang des veines hépatiques. On ne peut, chez les poissons, rien comparer à cette veine cave, si ce n'est les veines hépatiques. Chez les reptiles, elle reçoit le sang non seulement de ces dernières, mais encore des reins et des parties génitales. Chez les oiseaux et les mammifères, il y arrive celui de la plupart des parties postérieures du système animal du corps. Il est rare que, par anomalie, elle ne se développe pas chez l'homme, et qu'alors le sang des parties inférieures du corps soit amené à la veine cave supérieure par le système de la veine azygos (1).

La veine ombilicale doit être considérée comme résultant de l'union des veines de l'allantoïde avec une veine abdominale antérieure, qui est permanente chez les reptiles, où elle se rend à la veine porte. La veine abdominale antérieure existe aussi chez les reptiles nus, qui ne possèdent point d'allantoïde. Chez les reptiles écailleux, les oiseaux et les mammifères, le fœtus possède l'une et l'autre partie de ce système. Il est probable que les veines des parois antérieures du bas-ventre et celles de l'allantoïde sont d'abord indépendantes les unes des autres, et qu'elles ne deviennent confluentes que durant le développement ultérieur de l'allantoïde. A l'aide de cette hypothèse, on parvient à expliquer un fait, sans elle énigmatique, celui que la veine ombilicale se termine dans la veine porte, c'est-à-dire dans une tout autre région du corps que celle où l'allantoïde se développe. Rathke allègue des arguments en faveur de cette fusion. Chez l'homme, la veine ombilicale reçoit aussi des branches des veines épigastriques (2).

(1) Stark, *De venæ azygos natura*. Leipzick, 1835.

(2) Burow, dans Mueller's *Archiv*, 1838, p. 44.

Suivant Rathke (1), chez les oiseaux et les mammifères, la veine ombilicale aboutit originairement à l'extrémité de la veine omphalo-mésentérique qui parvient au cœur, et qui forme ensuite la partie la plus antérieure de la veine cave postérieure. Plus tard, cette veine envoie aussi des branches au foie, comme la veine omphalo-mésentérique, et il se produit, entre la veine ombilicale et la veine cave postérieure, une anastomose appelée canal veineux d'Aranzi.

Circulation du fœtus.

La circulation du fœtus diffère essentiellement de celle de l'adulte par le mélange des deux sangs, qui a lieu, d'abord à cause de l'absence de la cloison interauriculaire, puis en raison de l'existence du canal de Botal, et parce qu'il n'y a qu'une partie du sang contenu dans le ventricule droit qui arrive aux poumons. L'oreillette droite reçoit le sang de toutes les veines du corps, c'est-à-dire la totalité de celui que le ventricule gauche envoie dans les parties supérieures et inférieures du corps, et le ventricule droit dans les parties inférieures, au moyen du conduit de Botal; il n'y a d'exception que pour la partie de ce liquide qui passe du ventricule droit dans les poumons. Le ventricule gauche ne reçoit que cette dernière fraction du sang, à son retour des poumons. Si l'on suppose que les deux ventricules lancent autant de sang l'un que l'autre, il revient à l'oreillette droite la totalité de celui que chasse l'un, et une partie seulement de celui qu'envoie l'autre, de sorte qu'il lui en arrive plus que son ventricule n'en fournit, et que l'oreillette gauche en reçoit moins qu'il n'en est lancé par le ventricule correspondant. De là résulte qu'une partie du sang doit s'écouler de l'oreillette droite dans la gauche, par le trou ovale.

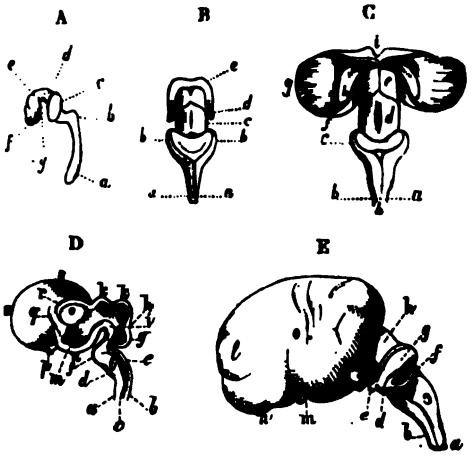
Système nerveux.

D'après Reichert, les parties centrales du système nerveux, sous leur forme rudimentaire, consistent en deux lames laissant entre elles une gouttière, dont la partie externe s'élève peu à peu, et dont les bords externes s'unissent pour produire un tube. Ce canal paraît conserver sa scissure à l'endroit de la moelle allongée, à moins que la fente ne se produise après la coalition des deux parois latérales. Depuis ce point jusqu'à l'extrémité antérieure, il se développe, le long du canal, plusieurs renflements vésiculeux, qu'on appelle cellules cérébrales. Baer a distingué le cervelet, immédiatement en devant de la moelle allongée, dès le quatrième jour. Les lamelles de la moelle épinière, après avoir formé le quatrième ventricule, se rapprochent en haut et en devant, et entourent un court canal, conduisant dans la vésicule des tubercules quadrijumeaux, qui est la plus grande des cellules cérébrales. La vésicule qui vient après est celle du troisième ventricule, la première formée de toutes, et d'abord la plus antérieure. Au-devant d'elle se développent les cellules du cerveau proprement dit, qui sont d'abord très petites. Les nerfs sensoriels représentent des prolongements creux des ventricules, savoir : les nerfs auditifs du quatrième, les nerfs optiques du troisième, et les nerfs olfactifs des

(1) *Ueber den Bau und die Entwickelung des Venensystems der Wirbelthiere.* Kœnigsberg, 1838.

latéraux. Les parties les plus essentielles des organes des sens sont donc originairement des diverticules ou des excertions du cerveau (1). Baer n'a plus remarqué de cavité dans leurs nerfs à partir du sixième jour. Plus tard, la vésicule des tubercules quadrijumeaux demeure stationnaire, tandis que les hémisphères se développent beaucoup, et arrivent à couvrir les parties situées derrière eux. Les grands ganglions cérébraux naissent par un renflement des parois des cellules cérébrales, les corps striés dans les cellules antérieures, les couches optiques dans la vésicule du troisième ventricule. Au sixième jour, Baer a vu cette vésicule largement ouverte à sa partie antérieure, d'où la masse médullaire s'était déjà retirée les jours précédents. L'ouverture ainsi produite établit une communication indirecte entre l'extérieur et le cerveau proprement dit, qu'un affaissement de son couvercle a divisé en deux moitiés, et qui, partant de la vésicule du troisième ventricule, fait saillie au-dessus d'elle. Il est probable que la grande fente cérébrale, qui, plus tard, conduit dans l'intérieur du cerveau, entre les couches optiques et la voûte à

Fig. 284.



(1) La figure 284, d'après Tiedemann, représente : En A, le cerveau et la moelle épinière d'un fœtus de sept semaines, vus de côté : *a* moelle épinière, *b* renflement de la moelle et inflexion de celle-ci en avant, *c* cervelet, *d* masse des tubercules quadrijumeaux, *e* couches optiques, *f* hémisphères membraniformes du cerveau, *g* protubérance analogue au corps strié. En B, le cerveau d'un embryon de neuf semaines : *a a* les deux cordons principaux de la moelle épinière, séparés par un sillon longitudinal ; *b b* cervelet, *c* parties qui donnent naissance aux tubercules quadrijumeaux, *d* couches optiques, *e* hémisphères membraniformes, renversés en arrière et en dedans. En C, le cerveau d'un embryon de douze semaines, vu en dessus, les hémisphères écartés et rejetés sur les côtés : *a a* les deux cordons principaux de la moelle épinière, *b* sillon longitudinal postérieur, *c c* cervelet, *d d* tubercules quadrijumeaux, *e e* couches optiques, *f f g g g* hémisphères, *h h* corps striés, *i* commissures des deux hémisphères, *k k* ventricules latéraux. En D, la coupe perpendiculaire du cerveau précédent : *a* moelle épinière, vue en devant, *b* membrane de la moelle épinière renversée en arrière, *c* canal de la moelle épinière qui résulte de cette disposition, *d* inflexion de la moelle en devant, *e* petit renflement du bord de la moelle, là où il s'écarte latéralement pour produire le quatrième ventricule, *f* seconde inflexion de la moelle en haut, *g* coupe perpendiculaire du cervelet, *h* lamelle qui unit le cervelet à la membrane des tubercules quadrijumeaux, *i i* pédoncules du cerveau, *k k* membrane des tubercules quadrijumeaux, *l* cavité de ces tubercules, *m* troisième ventricule, *n* glande pituitaire, *o* couche optique, *p* nerfs olfactifs, *q* corps calleux, *r* pilier antérieur de la voûte, *s s* hémisphères du cerveau. En E, le cerveau d'un fœtus de quatorze à quinze semaines, vu de côté : *a* moelle épinière, *b* courbure de la moelle en avant, *c* renflement de la moelle, *d* corps restiforme, *e* cinquième paire des nerfs, *f* entrée du quatrième ventricule, *g* cervelet, *h* masse des tubercules quadrijumeaux, *i* pédoncule du cerveau, *k* lobe postérieur du cerveau, *l* lobe extérieur du cerveau, *m* nerf optique, *n* nerf olfactif, *o* scissure de Sylvius.

trois piliers, provient de cette ouverture du troisième ventricule, qui s'étend latéralement, de manière que la voûte en constitue les bords, ainsi qu'il arrive aussi chez l'adulte. Baer regarde comme rudiment primitif de la voûte, la limite entre la cavité de la vésicule du troisième ventricule et les deux excavations des ventricules latéraux. Si l'on suppose que la fente déjà produite du troisième ventricule s'élargisse des deux côtés, on obtient ainsi la grande fente cérébrale, ayant pour bords, d'un côté, les parois renflées de la vésicule du troisième ventricule (les couches optiques), et, d'un autre côté, les bords des vésicules des ventricules latéraux (piliers postérieurs de la voûte). La glande pinéale est, suivant Baer, la couverture soulevée et plus tard atrophiée du troisième ventricule. On ne sait pas bien encore quelle est l'origine du corps calleux des mammifères, dont il n'existe qu'un vestige chez les autres animaux. Baer regarde les piliers antérieurs de la voûte comme identiques avec la dépression médiane originaire du cerveau proprement dit, et il présume que les parois des hémisphères s'appliquent et se soudent de nouveau l'une à l'autre, parce qu'autrement le ventricule de la cloison transparente ne pourrait pas se produire. La moelle épinière du fœtus diffère de celle de l'adulte en ce qu'elle renferme une trace du canal primitif, et en ce qu'elle descend beaucoup plus bas dans le canal rachidien (1).

Parmi les formes cérébrales persistantes, le cerveau des lamproies et de l'*Ammocœtes* a une ressemblance frappante avec celui du fœtus des animaux supérieurs, reptiles, oiseaux, mammifères. On y trouve une vésicule du troisième ventricule ouverte par le haut, et une vésicule des tubercules quadrijumeaux. Ces deux vésicules sont, chez les poissons osseux, réunies en une seule grande cellule, qu'on ne peut par conséquent réduire à aucune des divisions du cerveau des animaux supérieurs.

Les nerfs naissent probablement de prime abord dans toute leur longueur, depuis le centre jusqu'à l'organe auquel ils sont destinés. Il n'est pas plus possible de démontrer leur développement centripète que leur développement centrifuge.

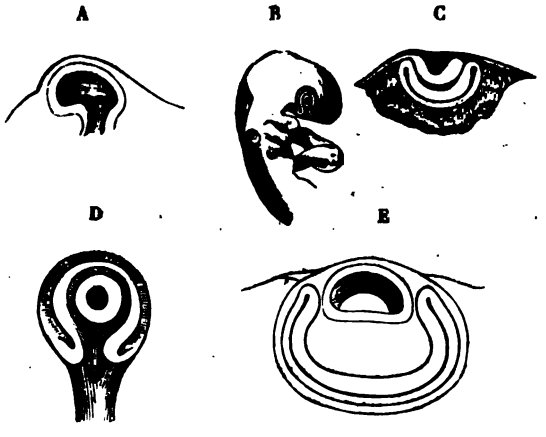
Organes des sens.

L'œil provient en partie d'une exsertion de la cellule cérébrale du troisième ventricule, il contient une portion des membranes du cerveau, de la dure-mère et de la pie-mère. A une certaine époque du développement, il offre, chez tous les animaux, sur son côté interne, une espèce de fente, que Baer regardait comme un point aminci de la rétine, mais que Huschke a démontré être une véritable solution de continuité. L'œil des poissons conserve, pendant toute la vie, une fente qui s'étend depuis le milieu de la rétine jusqu'auprès de son bord antérieur. La rétine est d'abord une exsertion vésiculeuse du cerveau, avec lequel elle communique par le moyen du nerf optique, qui est creux. D'après les recherches de Huschke, la vésicule oculaire du fœtus d'oiseau commence à diminuer au second jour de l'incubation, et plus tard elle se trouve réduite à l'espace compris entre la membrane de Jacob et la rétine; le sac postérieur des milieux transparents ne

(1) Baer, *Entwickelungsgeschichte*, I et II. — *Comp.* Meckel's *Archiv*, 1815. — Tiedemann, *Anatomie du cerveau*, trad. par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1823, 1 vol. in-8° avec 14 pl.

communique jamais avec la cavité cérébrale. Huschke a constaté que la capsule cristalline résulte d'une projection des téguments communs dans l'intérieur de l'œil, de sorte qu'à une certaine époque, elle s'ouvre à l'extérieur. Cette projection ou inversion des téguments repousse la face convexe de la vésicule du second jour vers le canal du nerf optique, et la partie antérieure de la vésicule se réfléchit en dedans sur elle-même, comme une membrane séreuse : le feuillet réfléchi devient la future rétine, et le feuillet interne forme la membrane de Jacob. La véritable fente de l'œil d'oiseau n'apparaît pas, suivant Huscke, avant le troisième jour, c'est-à-dire avant le cristallin, et elle est la conséquence de l'inversion de la rétine. La dépression produite par la capsule cristalline sur la vésicule oculaire primitive est arrondie; mais elle s'allonge vers le canal du nerf optique, sur la ligne médiane inférieure du corps : cette portion allongée de la dépression se convertit en un sillon (1). La fente apparente n'est que l'effet du bâillement d'un pli produit de chaque côté par deux feuillets : elle ne communique donc point avec la cavité du nerf optique (2). L'iris paraît d'abord manquer au bord antérieur de la choroïde, à moins qu'on n'en doive regarder ce bord lui-même comme le premier rudiment. Le bord antérieur de la choroïde présente originairement une échancrure, même chez l'embryon humain, à son côté interne et inférieur, qui, plus tard, devient inférieur, tandis que l'iris est complet au moment de sa première ap-

Fig. 285.



(1) La figure 285 représente, d'après Huschke, le développement de l'œil. A, coupe longitudinale d'un embryon de poulet de deux jours, à un grossissement de 30 diamètres. On voit les cavités de la rétine et du nerf optique, le tout couvert par les téguments extérieurs. B, partie céphalique d'un embryon de poulet de la première moitié du troisième jour de l'incubation, grossie sept fois, montrant l'œil, avec la capsule du cristallin encore ouverte, entourée par la rétine, qui est ployée comme si elle se composait de deux feuillets, et présente la fente inférieurement. On voit aussi le cœur en forme de tube, trois arcs branchiaux et le labyrinthe de l'oreille ouvert. C, coupe de l'œil du même embryon, à travers le milieu du cristallin, grossi trente fois. On voit les couches demi-circulaires de la membrane. La plus interne est la capsule fort épaisse du cristallin; la suivante est la vraie rétine; la plus externe est la membrane de Jacob. D, œil d'un poulet du troisième jour de l'incubation, montrant les mêmes parties qu'en B, dans de plus grandes dimensions. E, coupe d'un œil de poulet, au quatrième jour de l'incubation, grossi trente fois. La capsule du cristallin est maintenant close et couverte de la conjonctive; elle contient un tuyau conique, le cristallin. L'humeur vitrée est développée entre la capsule du cristallin et la rétine; à l'extérieur des deux feuillets de la rétine se trouve la sclérotique.

(2) Baer, *loc. cit.* — Huschke, dans Ammon's *Zeitschrift*, 1835, p. 272.

parition. Le colobome de l'iris, à la partie inférieure de cette membrane, est la conséquence d'un arrêt de développement, en ce sens que sa production se trouve liée à celle de la fente primordiale. Mais les choses semblent se comporter ici de la même manière qu'à l'égard du bec-de-lièvre, c'est-à-dire que le rudiment de l'iris paraît fendu, parce qu'il ne peut pas se développer complétement à l'endroit de la fente choroïdienne (1).

L'œil des mammifères et de l'homme se distingue en ce que, dans l'état fœtal, il possède une membrane délicate qui clôt la pupille, et dont les vaisseaux sanguins proviennent de ceux dont la face antérieure de l'iris est garnie. Cette dernière circonstance, jointe à ce que la membrane pupillaire ne s'insère pas exactement au bord de la pupille, mais un peu auparavant, sur la face antérieure de l'iris, rend très probable qu'elle se prolonge sur toute cette face; peut-être même tapisse-t-elle entièrement la chambre antérieure. Du bord pupillaire de l'iris part aussi la membrane capsulo-pupillaire du fœtus, qui est également riche en vaisseaux, et se porte en arrière, vers le bord de la capsule du cristallin, qu'elle unit avec celui de la pupille. Ses vaisseaux sanguins proviennent du rameau capsulaire de l'artère centrale de la rétine, rameau qui, perçant le corps vitré, épanouit ses ramifications sur la paroi postérieure et jusqu'au bord de la capsule cristalline. Ces vaisseaux n'appartiennent point au cristallin lui-même : ils se continuent avec les vaisseaux capsulo-pupillaires, qui eux-mêmes communiquent, au bord de la pupille, avec ceux de la membrane pupillaire et de l'iris. En ayant recours à la macération, on parvient quelquefois à détacher la membrane capsulo-pupillaire de la membrane pupillaire proprement dite, de sorte que celle-ci a une lamelle postérieure qui appartient à la membrane capsulo-pupillaire. Cette lamelle forme, avec la membrane capsulo-pupillaire et la membrane vasculaire qui revêt la concavité antérieure du corps vitré, un sac clos, au fond duquel est fixée la capsule cristalline, tandis qu'entre la partie antérieure du sac, uni à la membrane pupillaire, et la capsule du cristallin, se trouve comprise la chambre postérieure de l'œil. Les vaisseaux de la membrane pupillaire et ceux de la membrane capsulo-pupillaire communiquent les uns et les autres avec ceux de l'iris (2).

Les paupières des mammifères et de l'homme représentent d'abord, comme celles des oiseaux, une sorte d'anneau; ensuite elles s'étendent peu à peu sur l'œil, de manière à se toucher, et elles s'agglutinent ensemble. Leur séparation a lieu soit avant la naissance, soit après, comme chez les carnassiers.

L'oreille est également composée de deux parties, qui se développent l'une en dedans, l'autre en dehors. Le labyrinthe se forme sur la portion naissante ou renflée du nerf acoustique creux. On l'aperçoit d'abord sous la forme d'une vésicule oblongue, à l'occiput de l'embryon, au-dessus de la seconde fente branchiale. Chez les cyclostomes, il conserve cette forme primitive, du moins dans sa portion solide. D'après les recherches de Valentin, le labyrinthe du fœtus représente un corps distinct, de forme arrondie et oblongue, creux dans l'intérieur : l'extrémité interne de l'excavation ne tarde pas à s'allonger et à se contourner en cercle, de manière

(1) *Comp.* Seiler, *Ueber die urspruenglichen Bildungsfehler des Auges.* Dresde, 1833.

(2) Henle, *De membrana pupillari.* Bonn, 1832. — Reich, *De membrana pupillari.* Berlin, 1833. — Valentin, *Entwickelungsgeschichte.* — Langenbeck, *De retina.* Gœttingue, 1836. — Krause, dans Mueller's *Archiv*, 1837, p. XXXV.

à produire une seconde vésicule arrondie, qui est le rudiment du limaçon. Les tours de celui-ci se forment de la manière suivante. Si l'observateur se place par la pensée dans la vésicule cochléenne, la paroi de cette vésicule se creuse, d'abord dans la direction du vestibule vers le milieu de la base du crâne, puis en spirale jusqu'à l'extrémité supérieure de l'axe perpendiculaire. De là résulte, extérieurement, une forme semblable à celle de la coquille d'un limaçon, intérieurement un demi-canal profond, dont les parois se rapprochent de plus en plus par leurs bords internes, de manière que, quand elles arrivent enfin à se toucher, elles représentent un corps cylindrique ou conique, servant d'axe aux circonvolutions. La clôture du sillon primitif du limaçon ne s'effectue pas à la même époque du développement chez tous les mammifères. Les canaux demi-circulaires de ces animaux sont, d'après le même observateur, des diverticules du vestibule, dont l'extrémité finit par se remettre en communication avec la cavité de laquelle ils émanent (1).

La trompe d'Eustache, la caisse du tympan et le conduit auditif externe sont, suivant Huschke (2), des débris de la première fente branchiale. La membrane du tympan divise l'espace de cette fente en une portion interne, qui est la caisse, et une portion externe, représentant le conduit auditif. Sur ce point entrent en contact l'un avec l'autre deux systèmes cutanés, savoir, la membrane muqueuse orale, qui envoie, par la trompe d'Eustache, un diverticule dans la caisse, et les téguments extérieurs; ces deux membranes ne sont séparées que par celle du tympan. J'ai fait connaître plus haut la manière dont se développent les osselets de l'ouïe: ils s'ossifient dès le quatrième mois chez l'homme.

La formation du nez a été exposée précédemment.

Canal intestinal.

Le canal intestinal est d'abord un tube droit et de même largeur partout, qui ne se divise que peu à peu en ses segments principaux, l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin. L'estomac lui-même est droit dans l'origine; il a son extrémité cardiaque tournée en haut, et son extrémité pylorique tournée en bas. Les premiers changements de situation consistent en ce que l'estomac se place obliquement, l'intestin grêle se dirige vers le conduit omphalo-mésentérique, décrit un coude à l'ombilic, et de là retourne en arrière, en se rapprochant de la ligne médiane, puis décrit enfin une courbe pour atteindre l'anus. La limite entre l'intestin grêle et le gros intestin correspond à l'endroit où le canal revient de l'ombilic, et c'est la partie inférieure du premier de ces intestins qui communique avec le conduit omphalo-mésentérique. On rencontre assez souvent, sur ce point, chez l'adulte, un diverticule, qui paraît être un débris du canal de la vésicule ombilicale. A mesure que la portion supérieure de l'intestin, celle qui va gagner l'ombilic, s'allonge et s'enroule sur elle-même, l'inférieure, celle qui part de l'ombilic, s'élève, et de là résulte le grand arc décrit par le gros intestin (3).

Le mésentère est d'abord droit, comme l'intestin; et l'estomac lui-même, dont la direction est également perpendiculaire, a aussi un mésogastre, qui, partant de

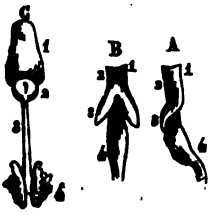
(1) Valentin, *Entwickelungsgeschichte*, p. 206.
(2) *Isis*, 1831, p. 951.
(3) Meckel's *Archiv*, 1817, p. 1 et suiv.

courbure, va s'attacher à la ligne médiane de la face postérieure de la minale. Par une suite de changements remarquables, qué j'ai fait con- un travail spécial (1), le mésogastre, en changeant de direction et se nsversalement, comme fait l'estomac, devient le grand épiploon, et s'unit vec le côlon transverse. La rate se produit dans son intérieur, et par elle est un organe symétrique, tout aussi bien que les glandes mésen- e développement du foie, du pancréas et des glandes salivaires a été urs.

Organes respiratoires.

nons (2) apparaissent d'abord sous la forme de petits tubercules, à la lominale de l'œsophage. Ils sont unis ensemble par la partie antérieure conférence, et là se produit un pédicule qui, en acquérant de la lon- ient la trachée-artère. Bientôt le poumon se montre sous l'aspect d'un tits cæcums, qui partent des ramifications de artère. Je renvoie, pour les détails, ainsi que veloppement de la trachée-artère et du larynx, es de Baer, de Rathke (3) et de Valentin (4).

Fig. 286.



qui concerne le diaphragme, Baer a observé n se rapproche des premiers temps du dévelop- lus ce muscle est voisin de la partie antérieure Chez un fœtus de cochon, long de six lignes, entricules du cœur venaient de prendre place nc, Baer a vu le bord supérieur du diaphragme attaché en apparence res vertèbres dorsales. Il est parvenu à le distinguer sûrement chez des dont le ventricule cardiaque, encore non divisé, commençait à peine à dans la cavité du tronc (5).

Corps de Wolff, organes urinaires et génitaux (6).

s de Wolff ont été découverts par l'anatomiste dont ils portent le nom, s regardait comme les rudiments des reins. Oken a constaté leur exis-

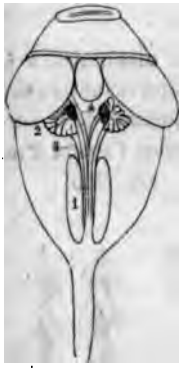
's *Archiv*, 1830, p. 395.

ure 286 représente, d'après Rathke, le développement des organes respiratoires. du poulet au quatrième jour de l'incubation, avec les rudiments de la trachée et gauche, vu de côté : 1, 2, œsophage ; 3, poumon rudimentaire ; 4, estomac. B, les , vus en dessous, de sorte qu'on aperçoit les deux poumons. C, langue et organes d'un embryon de cheval : 1, langue ; 2, larynx ; 3, trachée-artère ; 4, poumons vus

ict. nat. cur., XIV, I, 162.
ckelungsgeschichte, p. 49.
it., t. II, p. 226.
ER, *De genitalium evolutione.* Halle, 1815. — RATHKE, *Beitræge zur Geschichte lt*, 3, et dans *Abhandl. zur Bildungs und Entwickelungsgeschichte.* — MUELLER, 's *Archiv*, 1829. *Bildungsgeschichte der Genitalien.* Dusseldorff, 1830. — JACOBSON, *imordialnieren.* Copenhague, 1830. — TIEDEMANN, *Anatomie der kopflosen Missge-* dshut, 1813. — SPILER, *De testiculorum descensu.* Leipzick, 1817. — HUSCHKE, *anchnologie*, de l'*Encyclopédie anatomique*, t. V, p. 341. Paris, 1845.

tence chez les mammifères, Meckel savait aussi qu'on les rencontre chez ces animaux et chez l'homme, mais il en ignorait la véritable nature, et les comparait aux épididymes. Rathke, qui les a étudiés chez les oiseaux, les mammifères et les reptiles écailleux, s'est assuré qu'ils sont indépendants des reins; mais il en fait encore provenir les épididymes chez les mâles, et prétend qu'ils disparaissent chez les femelles. Comme ils semblaient manquer chez les poissons et les reptiles nus, et qu'on les avait vus chez tous les animaux qui ont une allantoïde et un amnios, on pensait que leur existence se rattachait à celle de ces membranes. Les poissons en sont effectivement privés; mais je les ai trouvés chez les batraciens (1), tant à l'état de fœtus qu'à celui de têtard; à leur situation, au sommet de la cavité abdominale, immédiatement au-dessous des branchies, les éloigne tellement des organes génitaux et des reins, qu'on ne peut méconnaître qu'ils sont indépendants et des uns et des autres; j'ai également vu, chez les mammifères, les épididymes se développer entre eux et les testicules. Les corps de Wolff sont évidemment des organes sécrétoires, car ils ont des conduits excréteurs qui s'ouvrent dans le cloaque, et j'ai reconnu sur des fœtus d'oiseau que leurs canalicules et leurs conduits excréteurs renfermaient un liquide blanc-jaunâtre, qu'on pouvait faire aller et venir par la pression. Jacobson ayant reconnu que le liquide allantoïdien des oiseaux contient de l'acide urique durant les premiers jours de l'incubation, tandis que les reins ne commencent à se montrer qu'au sixième jour, cette observation rend vraisemblable aussi que les corps de Wolff ont une fonction analogue à celle des reins, et qu'en qualité de reins primordiaux ils ont, avec les reins proprement dits, le même rapport que les branchies des reptiles nus avec les poumons dont ces animaux sont munis plus tard; hypothèse à l'appui de laquelle vient encore le fait observé par Rathke, qu'on rencontre dans leur intérieur des corpuscules de Malpighi, semblables à ceux qui existent dans les reins.

Fig. 287.

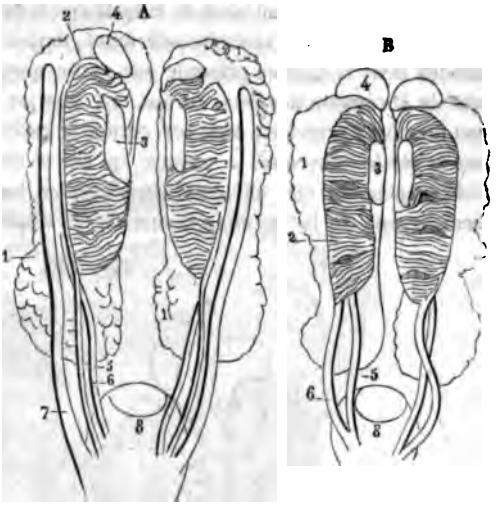


La durée des corps de Wolff varie beaucoup dans les diverses classes. C'est dans celle des reptiles nus qu'ils persistent le plus longtemps. Chez les larves de grenouilles et de salamandres, ils forment, à la partie supérieure de la cavité abdominale, un paquet de cæcums, d'où un canal excréteur descend de chaque côté de la colonne vertébrale : leur existence ici est aussi longue que celle de la vie des larves. Chez les oiseaux, ils apparaissent au troisième jour de l'incubation, et s'étendent depuis le cœur jusqu'à l'extrémité postérieure. Ils consistent également en petits cæcums réunis par un conduit excréteur commun, qui s'ouvre de chaque côté dans le cloaque. Derrière eux se forment les reins, et au-dessus de ceux-ci les capsules atrabilaires. A mesure que les reins grossissent, le volume des corps de Wolff diminue. Les testicules et les ovaires se produisent au-devant d'eux, et chez les femelles, on distingue toujours un oviducte séparé de leur conduit excréteur (l'ovaire et l'oviducte du côté droit s'atrophient chez les oiseaux, à l'exception de quelques rapaces). Je n'ai pas vu, chez les mâles, d'autre conduit excréteur de

(1) La figure 287 représente, d'après Mueller, la partie postérieure de la cavité du tronc d'un têtard de grenouille : 1 reins, 2 corps de Wolff, 3 leurs conduits excréteurs.

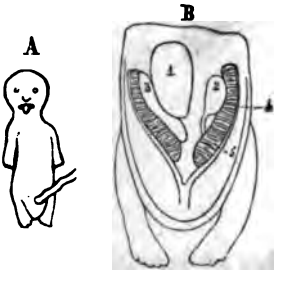
la semence que celui des corps de Wolff (1), et il m'a paru exister une communication entre ce dernier conduit et les testicules par le moyen des vaisseaux efférents eux-mêmes. Par les progrès du développement, les corps de Wolff deviennent plus petits, et après l'éclosion on n'en trouve plus qu'un faible reste sur les reins.

Fig. 288.



Chez les mammifères, ces corps ont la forme d'un haricot. Ils sont composés de petits cæcums placés en travers. Les reins et les capsules surrénales se développent derrière eux. Leur volume est si considérable dans le principe, qu'ils couvrent entièrement les reins; mais, à mesure que ceux-ci croissent, ils deviennent relativement plus petits et se portent davantage vers le bas. Le conduit excréteur s'étend de leur partie inférieure au sinus uro-génital. Le long de leur bord externe se produit le conduit génital excréteur, trompe de Fallope ou canal déférent, qui d'abord a la même conformation, et se termine par une extrémité libre; plus tard le conduit et le testicule s'unissent ensemble par des vaisseaux transversaux, tandis que, chez les femelles, une ouverture se forme à l'extrémité du conduit. Dans les deux sexes, le corps de Wolff disparaît en totalité, sans se métamorphoser en aucun autre organe (2). L'épididyme se développe d'une manière indépendante, la partie qui consiste en cônes vasculaires provenant des tubes de communication qui unissent le canal déférent avec le testicule, et le reste, qui constitue le canal de l'épididyme, se produisant par de simples circonvolutions du conduit lui-même. Toute la portion de ce dernier qui décrit de fortes circonvolutions le long du bord externe du corps de Wolff devient l'épididyme; à l'endroit où cessent ces circonvolutions, on voit un ligament, le gouvernail de Hunter, se porter au canal inguinal: ce ligament existe dès avant que les circonvolutions soient

Fig. 289.

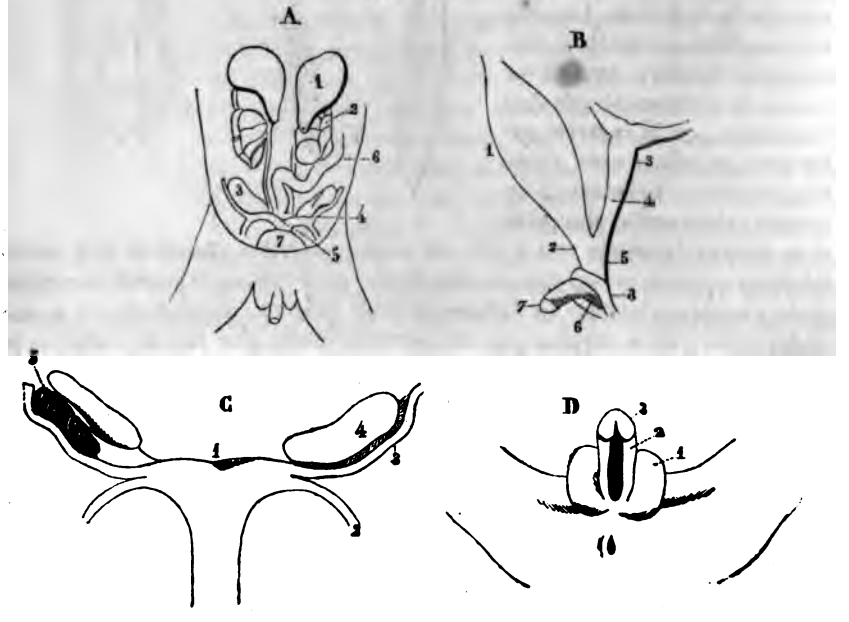


(1) La figure 288 représente, d'après Mueller, les corps de Wolff, les reins et les organes de la génération A, dans un embryon mâle, et B, dans un embryon femelle de poulet: 1 reins; 2, corps de Wolff; 3, testicule, ovaire; 4, capsules surrénales; 5, uretères; 6, conduits des corps de Wolff; 7, oviducte; 8, cloaque.

(2) La figure 289 représente, d'après Mueller: A, un embryon humain, long de 8 lignes; B, ses organes urinaires et génitaux, grossis: 1, capsule surrénale droite, intimement soudée au rein, formé derrière elle; 2, rein et uretère gauches: on a enlevé la capsule surrénale; 3, testicule ou ovaire droit; 4, corps de Wolff; 5, trompe de Fallope ou canal déférent.

eloppées. C les femelles, le canal reste droit : il en part, au même ndroit que chez les mâles, un ligament qui se dirige vers l'anneau inguinal, et est le futur ligament rond de la matrice : la portion du canal, qui s'étend depuis ligament jusqu'à l'extrémité inférieure, devient corne de la matrice, et, chez les imaux dont la matrice présente une partie moyenne, ou un corps, celui-ci pro- t de la réunion des deux cornes. La matrice de la femme est bicorne aussi même principe ; mais ses cornes se raccourcissent peu à peu, et rentrent partie moyenne, à mesure qu'elle se développe. Au reste, les corps de peuvent être observés, dans l'espèce humaine (1), que durant les pre- rs temps de la vie embryonnaire ; ils disparaissent beaucoup plus tôt que

Fig. 290.



chez les mammifères. Quand on examine au microscope des embryons du milieu de la grossesse, ou même un peu plus avancés, on distingue encore des traces de ces organes dans le repli du péritoine tendu entre l'ovaire et la trompe de Fallope. On pourrait présumer que, chez les ruminants et les cochons, les corps de Wolff et leurs conduits excréteurs se transforment en canaux de Malpighi, qui

(1) La figure 290 représente, d'après Mueller, les organes génitaux et urinaires d'un embryon humain long de 3 pouces 1/2 : A, vue générale des parties : 1, capsules surrénales ; 2, reins ; 3, ovaire ; 4, trompe de Fallope ; 5, matrice ; 6, intestins ; 7, vessie. B, vessie et organes génitaux du même embryon, vus de côté : 1, vessie ; 2, uretère ; 3 matrice (avec 2 cornes) ; 4, vagin ; 5, partie commune au vagin et à l'urètre ; 6, orifice commun des organes génito-urinaires ; 7, clitoris. C, organes génitaux internes du même : 1, matrice ; 2, ligaments ronds ; 3, trompe de Fallope ; 4, ovaires ; 5, débris du corps de Wolff. D, organes génitaux externes du même : 1, grandes lèvres ; 2, petites lèvres ; 3, clitoris.

ont été observés, chez ces animaux, par Malpighi et Gaertner, et qui, situés sur les côtés de la matrice, s'ouvrent dans le vagin ; mais le fait n'est rien moins que prouvé.

Les embryons des mammifères et de l'homme ont un sinus uro-génital, cavité ouverte à l'extérieur, dans laquelle s'abouchent les conduits excréteurs des corps de Wolff, les uretères et les canaux excréteurs des organes génitaux. Cette cavité

Fig. 291 (1).

se prolonge jusque dans l'ouraque. Plus tard, elle se divise, de haut en bas ou d'avant en arrière, en deux parties, l'une urinaire, l'autre génitale ; la première devient la vessie ; de l'autre se développent les vésicules séminales ou la partie moyenne de la matrice. Les parties génitales externes se ressemblent d'abord dans les deux sexes. Tiedemann n'en a vu aucune trace dans le principe ; vers la cinquième ou la sixième semaine, il y avait une ouverture cloacale ; plus tard (dixième ou onzième semaine), l'anus et l'issue du sinus uro-génital se séparaient l'un de l'autre par un point transversal. L'ouverture uro-génitale est pareille dans les deux sexes ; elle ne tarde pas à être limitée par deux plis de la peau ; au-devant d'elle se trouve un corps en forme de pénis, terminé par un gland, et creusé d'un sillon en dessous. Les bords de ce sillon s'écartent postérieurement l'un de l'autre, sur les côtés de l'ouverture uro-génitale, et sont entourés, plus en dehors, par les

Fig. 292 (2).

(1) Figure 291, empruntée à M. Follin (*Recherches sur les corps de Wolff*, Paris, 1850), représente l'organe de Rosenmueller, chez une femme de cinquante ans (cet organe consiste en petits canalicules rapprochés les uns des autres et qui ont été signalés par cet anatomiste) : *a* ovaire ; *b b*, trompe ; *c c* canalicules situés en dehors de l'ovaire ; *d d* canalicules qui arrivent vers le hile de l'ovaire ; *e e* point où ils convergent ; *f* vésicule appendue à la trompe ; *g* cul-de-sac des canalicules.

(2) Figure 292, empruntée à M. Follin (*ibid.*), représente le corps de Wolff chez un cobaye femelle à moitié de la gestation : *a* ovaire ; *b b* trompe ; *c c* canalicules du corps de Wolff ; *d* leur canal excréteur ; *e* point où le canal excréteur du corps de Wolff vient se placer derrière celui des organes génitaux.

plis cutanés dont je viens de parler. Chez les femelles, ce corps devient le clitoris, en se rétractant sur lui-même ; les bords de son sillon représentent les petites lèvres, et les plis de la peau sont les grandes lèvres. Chez les mâles, les bords du sillon se réunissent à la face inférieure du pénis (vers la quatorzième semaine), et de là résulte la portion pénienne de l'urètre ; les grands plis cutanés, qui sont encore vides, reçoivent, au huitième mois, les testicules, jusqu'alors contenus dans la cavité abdominale. Quelquefois les bords de l'urètre ne se soudent point ensemble, ce qui constitue l'hypospadias, et, si alors les testicules demeurent dans le ventre, l'apparence d'hermaphrodisme devient plus prononcée ; mais ce n'est là qu'un vice de conformation par arrêt de développement, qui peut être accompagné de tous les traits physiques et moraux caractéristiques du sexe masculin. A la vérité, il existe des individus atteints d'hypospadias, chez lesquels l'arrêt de développement est porté si loin qu'ils n'arrivent pas, non plus, pour le reste, à présenter les caractères masculins ; mais un individu mâle qui n'a pas acquis les traits distinctifs de son sexe n'est point pour cela un hermaphrodite. Dans le véritable hermaphrodisme, il y a coïncidence des organes appartenant aux deux sexes, par exemple de tous les organes génitaux masculins et d'une matrice munie de trompes, sans ovaires. L'hermaphrodisme complet, caractérisé par la présence simultanée des testicules et des ovaires, n'a point encore été observé d'une manière certaine dans l'espèce humaine. Il n'est pas rare, chez les insectes, de rencontrer des hermaphrodites ayant d'un côté des organes mâles, et de l'autre côté des organes femelles.

Tant que les testicules se trouvent dans la cavité abdominale, ils sont retenus en place par un repli du péritoine (mesorchium), et n'ont point encore de tunique vaginale. En traversant l'anneau inguinal, ils suivent le gouvernail de Hunter (1) ; mais, avant eux, un prolongement sacciforme du péritoine descend dans le scro-

(1) M. Robin (*Mém. de la Soc. de biologie*, 1849, p. 1) établit, contrairement à l'opinion de Bischoff, que le *gubernaculum testis*, ou *cremaster*, ou *musculus testis* de Hunter, est bien un muscle, c'est-à-dire un cordon formé de fibres musculaires. Chez tous les animaux qui ont le testicule dans l'abdomen et peuvent le faire sortir à volonté en tout temps ou seulement à l'époque du rut, le crémaster est un muscle qui conserve, toute la vie, la disposition qu'il a eue chez le fœtus de l'homme et des autres animaux ayant les testicules extérieurs.

Le *gubernaculum* ou *musculus testis* présente à étudier deux portions distinctes par leur situation, quoique continues : l'une est placée dans l'abdomen, étendue du testicule à l'orifice supérieur du canal inguinal ; l'autre la continue à partir de ce point, traverse le canal inguinal qu'elle remplit, pour se terminer en trois faisceaux : l'un externe ou en dehors à l'arcade crurale ; le deuxième ou interne va au-devant du pubis ; le troisième ou médian, plus gros, plus large que les autres, continue la division du muscle et se perd en bas dans le tissu cellulaire du scrotum, en s'amincissant peu à peu. C'est le seul décrit par Hunter.

La position intra-abdominale du *gubernaculum* représente un petit cordon arrondi, inséré à l'extrémité inférieure du testicule, et quelques fibres se prolongent en arrière jusqu'à l'extrémité inférieure de l'épididyme. De là, il se dirige en bas et en dehors, au-devant du psoas, auquel il adhère lâchement en arrière, tandis que, dans tout le reste de sa circonférence, il est enveloppé par le péritoine et recouvert par l'intestin grêle. Il a 3 millimètres de long sur 1 1/2 de large chez les fœtus de deux mois ; 6 millimètres de long sur 3 de large chez celui de 4 mois. A cinq mois, cette portion intra-abdominale a diminué de longueur environ de moitié, ce qui tient à ce que le muscle s'est contracté, et, en se retirant, a entraîné avec lui le péritoine dans le canal. Aussi le péritoine, au lieu de se réfléchir directement du *gubernaculum* sur les parois abdomi-

n. Eux-mêmes descendent alors, toujours attachés au péritoine, dans ce sac, i se ferme la plupart du temps sur eux avant la naissance, de sorte qu'alors ils :upent une cavité séreuse tout à fait distincte de la cavité abdominale. Quelque- i le canal est encore ouvert à l'époque de la naissance, ce qui donne occasion à i hernies congénitales de se manifester.

Les reins du fœtus sont composés de pyramides séparées les unes des autres, et ıvertes d'une couche de substance corticale. Ces pyramides s'unissent ensuite semble. Les capsules surrénales ne sont pas, proportion gardée, plus volu- neuses dans le fœtus que dans l'adulte, chez les mammifères; mais elles le ıt chez l'homme, à tel point même que d'abord elles couvrent entièrement les ns.

es, forme une dépression circulaire de 2 millimètres de profondeur dans le canal inguinal, ce dessine nettement son orifice péritonéal.

a portion qui traverse le canal le remplit exactement et semble trop grosse pour lui, car elle lève un peu le péritoine en haut sur les fœtus frais; elle s'élargit un peu dès qu'on a ouvert rojet dans toute sa longueur. On peut alors voir un faisceau qui se porte immédiatement en ıors et s'insère sur l'arcade crurale; un autre plus large qui, au sortir du canal, se porte en lans et se perd au-devant de la partie externe du pubis; enfin, la partie moyenne s'épanouit s'amincissant dans le tissu cellulaire du scrotum; elle est très vasculaire; ses vaisseaux sem- nt marcher de bas en haut, et l'on peut en suivre jusque dans la portion intra-abdominale.

Le seconde portion du *gubernaculum* a la même disposition chez tous les fœtus étudiés ici, sauf différences de volume. Ce muscle est organisé de la manière suivante : au centre, il est formé fibres de tissu cellulaire lâche et très vasculaire; ce faisceau est entouré d'une couche épaisse fibres musculaires de la vie animale ou striées, très caractérisées. Elles disparaissent en ınde partie au-dessous des deux faisceaux d'insertion externe et interne. C'est à tort que Bi- off en nie l'existence, et que Rathke dit le *gubernaculum* purement cellulaire.

Ainsi le *cremaster* ou *gubernaculum testis* est un véritable muscle du testicule, chargé d'at- :r, chez le fœtus humain et chez le fœtus d'autres mammifères, cette glande hors de l'abdo- n dans le canal inguinal. Arrivé là, l'organe achève de descendre dans le scrotum, soit par :ssion des viscères, soit par son propre poids, et le muscle se déverse comme une poche mus- laire, qu'il représente réellement, surtout chez les rongeurs et insectivores, mais dont le centre rempli de tissu cellulaire lâche. Cette action, qui n'a lieu qu'une fois chez l'homme et autres ımmifères, se renouvelle à chaque période du rut, chez les animaux précités sur lesquels on ut étudier l'organisation précédente en grand et suivre très facilement toutes les phases du énomène.

La description précédente complète, à plusieurs égards, celle de Hunter, qui est encore de ıucoup ce qu'il y a de mieux fait sur ce sujet. Au lieu de l'appeler ligament du testicule, il rait dû continuer à l'appeler muscle du testicule, *musculus testis*, comme il fait en commen- nt. Par là se trouve démontrée l'opinion de R. Owen, à savoir, que le *gubernaculum testis* un muscle propre du testicule. Ainsi on ne doit plus tenir compte de l'hypothèse de Carus, i veut que le crémaster soit formé par les fibres inférieures ou transverses de l'abdomen, en- inées par le testicule au moment de la descente; comme si, par la pression seule des viscères dominaux, le testicule pouvait traverser obliquement les parois abdominales sans une action i le sollicite précisément dans cette direction.

Chez les embryons femelles du deuxième mois, et même bien avant, on reconnaît que le ligament ıd est l'analogue du *gubernaculum testis;* il est seulement plus mince et plus long, mais ses ertions inférieures sont les mêmes, et, comme lui, il traverse le canal inguinal, bien plus étroit :z la femme que chez l'homme. É. L.

CHAPITRE II.

Du développement des tissus animaux.

J'ai déjà parlé plusieurs fois des observations qui ont été faites depuis un certain nombre d'années relativement aux cellules organiques, à leur développement, et aux phénomènes qu'elles présentent. C'est ici le lieu d'en donner un aperçu.

La moderne physiologie végétale était déjà parvenue à ce résultat, que les différents tissus des plantes, tissu cellulaire, fibres, vaisseaux, trachées, peuvent être réduits à des cellules qui se sont développées. Le mode de formation de ces cellules a été mis en lumière par une importante découverte de Schleiden (1). Ayant reconnu que leur développement a pour point de départ ce que Robert Brown appelait *noyau de cellule*, Schleiden crut devoir donner à cet organe élémentaire le nom de *cytoblaste*. Sa couleur est la plupart du temps jaunâtre, et sa structure granuleuse. Schleiden a découvert dans son intérieur un autre noyau plus petit, le *nucléole*, qui apparaît tantôt comme une tache, et tantôt comme un globule creux. Les cytoblastes se développent dans l'intérieur des cellules, au milieu d'une masse de granulations muqueuses. Dès qu'ils ont atteint toute leur grosseur, il s'élève à leur surface une petite vésicule transparente, qui est la jeune cellule, représentant d'abord un segment de sphère, implanté sur le cytoblaste, à peu près comme le verre d'une montre. Peu à peu cette vésicule acquiert des dimensions plus grandes et plus de consistance : elle grossit rapidement, à tel point que le cytoblaste n'apparaît plus que comme un petit corps renfermé dans sa paroi, entre les deux lamelles qui constituent celle-ci, et dont l'interne, plus mince et ordinairement muqueuse, ne tarde pas à être résorbée en même temps que le cytoblaste. Les jeunes cellules sont libres dans la cellule mère; en se pressant les unes contre les autres, elles prennent une forme polyédrique.

Maintenant, voici quels sont les principaux résultats des recherches de Schwann (2) sur les cellules animales, et sur la concordance primitive de structure entre les animaux et les végétaux.

Schwann a trouvé les noyaux de cellules dans la corde dorsale, dont moi-même j'avais déjà depuis longtemps démontré la structure celluleuse. Chaque cellule de la corde dorsale du *Pelobates fuscus* a un cytoblaste disciforme, situé à la face interne de sa paroi. On aperçoit dans ce petit disque une tache bien circonscrite, rarement deux ou trois. De nouvelles cellules, nageant librement, se forment, comme chez les végétaux, dans l'intérieur des cellules de la corde dorsale.

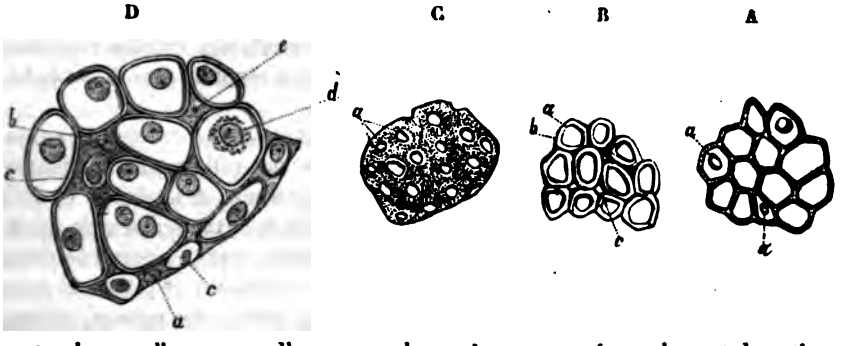
Les cartilages sont, au moment de leur formation, entièrement composés de cellules, d'après les observations de Schwann. Au sommet du cartilage des rayons branchiaux des poissons, on aperçoit de petites cellules polyédriques, serrées

(1) Mueller's *Archiv*, 1838, p. 137.

(2) *Mikroskopische Untersuchungen ueber die Uebereinstimmung in der Struktur und im Wachsthum der Thiere und Pflanzen*. Berlin, 1838. — Lebert, *Physiologie pathologique*. Paris, 1845, t. II, p. 504.

les unes contre les autres, dont les parois sont extrêmement minces (1). Ces cellules ont un noyau arrondi et grenu. Vers le milieu du rayon branchial, on voit les intervalles de cellules acquérir peu à peu plus d'épaisseur. En se rapprochant de la base du rayon, on cesse de pouvoir distinguer les parois des cellules, et il ne

Fig. 293.



reste plus que l'apparence d'une masse homogène, parsemée seulement de petites cavités, autour desquelles on aperçoit un anneau, qui est la trace de l'ancienne paroi propre, de manière que la substance comprise entre les ouvertures ne peut point être entièrement formée par les parois des cellules, et que la substance intercellulaire doit contribuer essentiellement ici à la production de la substance cartilagineuse. A l'époque où les parois des cellules se touchaient encore, on pouvait déjà distinguer çà et là cette substance intercellulaire, sous la forme d'îles triangulaires comprises entre trois cellules adossées. La formation du cartilage dépend donc ici et de l'épaississement des parois des cellules et de la substance inter cellulaire. Dans les cartilages des animaux supérieurs on n'a point vu les parois des cellules devenir plus épaisses, et la masse principale du futur cartilage semble appartenir à la substance intercellulaire, dans laquelle sont enfermées des cellules cartilagineuses, avec quelques générations. Ce mode de développement des cellules, qui ressemble à ce qu'on observe chez les végétaux, a été rencontré dans les cartilages branchiaux du têtard de *Pelobates fuscus*, dont les cellules renferment les uns de simples noyaux, les autres de petites cellules contenant un noyau semblable à la paroi interne, et moins grosses que les noyaux simples, quelques unes enfin des cellules plus volumineuses, de manière qu'on rencontre là tous les degrés possibles de développement. La formation du cartilage s'accomplit, à ce qu'il paraît, sans participation des vaisseaux sanguins, et d'une manière analogue à celle dont s'opère l'accroissement des végétaux. Quant à ce qui concerne les corpuscules réunis qu'on découvre après l'ossification, la formation de leurs canalicules n'est pas encore bien claire. Schwann a proposé deux hypothèses pour l'expliquer :

(1) La figure 293 représente : A, cartilage de l'extrémité du rayon branchial du *Cyprinus erythrophthalmus* ; B, celui du milieu de ce rayon ; C, celui de sa base : 1, noyau de cellule ; 2, membrane de la cellule ; 3 et 4, substance intercellulaire ; une cellule contient deux noyaux. Grossissement d'environ 450 diamètres. D, d'après Schwann, extrémité du cartilage branchial d'un têtard de grenouille. Le bord inférieur de la figure représente le bord naturel du cartilage. Les chiffres ont la même signification.

si les corpuscules osseux sont les cavités des cellules, dont les parois épaissies et soudées, tant ensemble qu'avec la substance intercellulaire, forment le cartilage de l'os, les rayons sont des canalicules qui pénètrent de la cavité de la cellule dans ses parois épaissies ; mais, si ces corpuscules sont les cellules entières, et que la substance comprise entre les cavités ne soit que de la substance intercellulaire, les rayons sont des prolongements des cellules dans cette dernière. Dans le premier cas, les canalicules seraient comparables aux canaux poreux des végétaux ; dans le second, ils correspondraient aux prolongements des cellules végétales. Schwann pense que la seconde hypothèse est celle qui réunit le plus de probabilités en sa faveur (1).

Indépendamment de la formation de jeunes cellules dans les cellules déjà existantes, Schwann admet encore celle de cellules hors des cellules déjà existantes, dans une substance anhiste ayant de la tendance à produire des cellules, et qu'il nomme cytoblastème. Ordinairement alors, c'est aussi le noyau qui semble apparaître le premier, et autour de lui se forment les cellules. Dans beaucoup de tissus animaux les nouvelles cellules se développent indépendamment de celles qui existent déjà. Dans un cas, le cytoblastème est situé au dedans des cellules, et dans l'autre il se trouve au dehors.

Schwann partage les tissus de l'organisme animal en cinq classes, eu égard à leur origine :

1° Cellules isolées, indépendantes, qui nagent dans des liquides, et qui sont libres et mobiles les unes à côté des autres ;

2° Cellules indépendantes, qui adhèrent les unes aux autres et forment ainsi un tissu cohérent ;

3° Tissus dans lesquels les parois des cellules sont confondues ensemble, sans que leurs cavités le soient ;

4° Fibro-cellules, dans lesquelles des cellules indépendantes s'allongent en faisceaux fibreux, soit d'un côté seulement, soit de plusieurs côtés à la fois ;

5° Cellules dans lesquelles les parois et les cavités sont confondues ensemble. A la première classe appartiennent les corpuscules du sang, dont C.-H. Schultz a démontré la nature celluleuse, dont le noyau, après avoir été renflé par l'eau, reste appliqué à la paroi interne, suivant la remarque de Schwann, et dont le contenu se compose de la matière colorante du sang. Cette même classe comprend encore les corpuscules de la lymphe, ceux du mucus et ceux du pus. Tous ces corpuscules sont des cellules à noyau.

La seconde classe renferme le tissu corné, le pigment et le tissu du cristallin. Ici les cellules sont indépendantes les unes des autres, lors même que leurs parois se confondent ensemble, comme il arrive quelquefois.

1° *Épithélium.* Il est composé, la plupart du temps, de cellules rondes, munies chacune d'un noyau, appliqué à leur face interne, et pourvu d'un ou de deux nucléoles. Rapprochées les unes des autres, ces cellules deviennent polyédriques. Schwann a vu aussi, aux téguments extérieurs du têtard de grenouille, deux noyaux dans une cellule, et une cellule épithéliale à noyau dans une autre cellule plus grande, ce qui, d'après Henle, n'arrive pas chez les mammifères. En s'écar-

(1) *Comp.* MANDL, *Manuel d'anat. générale.* Paris, 1843, p. 375.

tant de la forme fondamentale, qui est globuleuse, les cellules d'épithélium subissent des changements de forme en deux sens différents : tantôt elles s'aplatissent de manière à devenir des tables, où le noyau demeure au milieu d'une des faces, et qui sont parfois allongées en ruban, comme il arrive à l'épithélium des vaisseaux, suivant Henle; tantôt elles s'allongent en cylindres, ainsi que Henle (1) l'a découvert dans la membrane muqueuse intestinale.

2° *Cellules pigmentaires.* Leur paroi renferme un noyau, qui produit la tache blanche connue dans le milieu de ces cellules. Ordinairement ce noyau possède aussi un ou deux nucléoles. Certaines cellules épithéliales s'allongent de plusieurs côtés en des fibres creuses, ce qui produit les cellules étoilées.

3° *Ongles.* L'ongle d'un fœtus humain à terme est composé de couches appliquées à plat les unes sur les autres. Ces couches sont d'autant moins distinctes à la face inférieure qu'on se rapproche davantage de la portion d'ongle cachée dans le pli de la peau, et la moitié postérieure de cette portion ne montre aucune trace de stratification; elle se compose de cellules polyédriques, dont les noyaux sont bien marqués. Des lamelles d'ongle qu'on traite par l'acide acétique se séparent en petites plaques dans lesquelles il est rare qu'on aperçoive vaguement un noyau. Les cellules polyédriques de la racine doivent se convertir en ces petites plaques par aplatissement. L'aplatissement des cellules devrait rendre l'ongle plus mince en devant; mais ce qui probablement s'y oppose, c'est qu'il s'accomplit aussi une formation de petites plaques d'épithélium à la face inférieure de l'ongle. Le tissu corné des sabots est aussi entièrement composé de cellules chez le fœtus.

4° *Plumes.* La substance médullaire des plumes se compose de cellules polyédriques. Dans les jeunes plumes, ces cellules ont leur paroi garnie d'un noyau. D'abord il existe une masse de grains fins, dans laquelle sont placés de nombreux petits noyaux de cellules, dont quelques uns offrent un nucléole, et autour desquels se forment des cellules. Celles-ci se produisent, non pas dans des cellules mères, mais au voisinage de la matrice organisée de la plume, qui fournit le cytoblastème. Les fibres de l'écorce de la tige naissent de grandes cellules épithéliales, à noyau et à nucléole : ce sont de longues bandes aplaties. De chaque cellule naissent ensuite plusieurs fibres, et enfin tout vestige de cellules disparaît. Les barbes de la plume sont des plumes en miniature : la tige secondaire a la même structure que la tige principale; la barbe secondaire se compose également d'abord de cellules épithéliales à noyau, qui sont adossées les unes aux autres par leurs côtés (2).

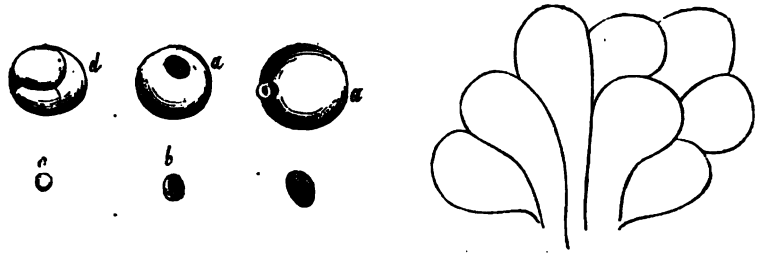
5° *Cristallin.* Les fibres du cristallin naissent des cellules que Werneck a observées le premier. Le cristallin d'un poulet, au huitième jour de l'incubation, ne présente pas encore de fibres : on n'y voit que des cellules rondes et pâles, dont quelques unes contiennent un noyau. Chez un embryon plus âgé, quelques unes des plus grosses cellules en renferment encore une ou deux plus petites dans leur intérieur. Chez les embryons de cochon longs de trois pouces et demi, les fibres du cristallin sont déjà achevées pour la plupart; il y en a cependant encore quelques unes d'incomplètes; on trouve d'ailleurs beaucoup de cellules rondes, qui

(1) *Encyclopédie anatomique. Anatomie générale.* Paris, 1843, t. I, p. 225.

(2) Dutrochet, *Mém. anat. et physiolog. sur les animaux et les végétaux*, Paris, 1837, .. II, p. 361.

sont en train de se métamorphoser. Les fibres parfaites forment un noyau au centre de la lentille. Celles qui viennent immédiatement après sont des prolongements creux de sphères. Ensuite il se développe sur ces fibres des bords crénelés, comme dans les cellules végétales denticulées (1).

Fig. 294.



La troisième classe comprend :

1° *Cartilages.* Il en a été parlé précédemment.

2° *Dents.* L'émail d'une dent non parvenue à maturité, qu'on traite par un acide étendu, présente encore la même structure qu'auparavant. La face interne de la membrane produisant l'émail qui entoure la couronne de la dent est formée de courtes fibres à six pans, dont chacune correspond à une fibre d'émail. Ces fibres paraissent être des cellules allongées. Dans l'état frais, elles contiennent un noyau muni d'un nucléole; au-dessus d'elles, la membrane est couverte de cellules arrondies, qui en sont probablement le jeune âge. Les fibres proprement dites de l'ivoire sont, suivant toute vraisemblance, séparées de la membrane, adhérentes à l'ivoire déjà produit, et ossifiées. La substance propre des dents naît de fibres entre lesquelles courent les canalicules dentaires. La pulpe de la dent se compose, à la surface, de cellules cylindriques à noyau et nucléole : son intérieur est formé de cellules rondes à noyau. Schwann conjecture que les fibres de la surface de la pulpe s'ajoutent les unes aux autres par couches successives, et se convertissent en substance dentaire par le fait de l'accroissement de la dent (2).

A la quatrième classe se rapporte :

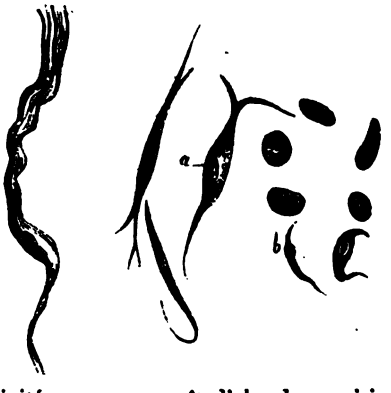
1° *Tissu cellulaire.* Le rudiment primitif du tissu cellulaire est un cytoblastème anhiste, dans lequel naissent des cellules rondes à noyau, qui se convertissent en fibres cylindriques, ayant dans leur intérieur un corpuscule arrondi ou ovale, présentant lui-même un ou deux points obscurs. Le noyau est situé dans la paroi. L'extrémité des fibres se divise successivement en rameaux, eux-mêmes subdivisés en très petites fibrilles. Le développement ultérieur consiste en ce que la scission des deux principales fibres qui partent du corps de la cellule en un faisceau de fibres plus déliées fait de plus en plus des progrès du côté du corps de la cellule, de sorte que plus tard un faisceau de fibres part immédiatement de ce dernier, que plus tard encore la segmentation s'étend jusqu'au noyau, et qu'enfin un

(1) La figure 294 représente, d'après Schwann : *a a d* des cellules du cristallin d'un fœtus de cochon, long de 4 pouces; *a* cellule, *d* en renferme deux jeunes, *c* noyau, *e* noyau isolé, avec deux nucléoles, *b* noyau, avec une jeune cellule développée sur lui, *f* cellules allongées en fibres.

(2) *Comp.* Mandl, *Manuel d'anatomie générale*, p. 449.

moment arrive où, le corps de la cellule étant réduit tout entier en fibres, le noyau reste à nu sur un faisceau de celles-ci (1). Les cellules adipeuses qu'on rencontre également dans le tissu cellulaire fœtal ont aussi, dans le principe, un noyau bien prononcé sur leur paroi. Lorsque la membrane pariétale de la cellule est mince, ce noyau fait saillie à sa surface : lorsqu'elle est épaisse, il demeure caché dans son épaisseur. Lui-même contient un ou deux nucléoles. Les cellules adipeuses du crâne des jeunes gardons possèdent quelquefois deux noyaux, qui se comportent absolument de la même manière à l'égard de la membrane pariétale. On trouve encore une troisième espèce de cellules dans le tissu cellulaire du fœtus. Celles-là sont rondes et pâles : elles contiennent, dans leur paroi, un noyau, avec un ou deux nucléoles, ne s'allongent point en fibres, ne renferment pas non plus de graisse, mais s'emplissent de granulations : ce précipité grenu apparaît d'abord au voisinage du noyau. Le tissu cellulaire du fœtus ne donne point de colle par l'action de l'eau bouillante : la décoction contient une substance analogue à la pyine : seulement, le trouble qu'y fait naître l'acide chlorhydrique disparaît par un excès de ce même acide (2).

Fig. 295.



2° *Tissu tendineux.* Les fibres tendineuses se forment de cellules, de la même manière que celles du tissu cellulaire.

3° *Tissu élastique.* La tunique moyenne des artères contient, chez les embryons de cochon longs de six pouces, de nombreuses cellules isolées, les unes rondes, les autres allongées, quelques unes pourvues de deux ou d'un plus grand nombre de prolongements, qui se divisent à leur tour. Intérieurement on trouve, sur la paroi, le noyau ordinaire, avec un ou deux nucléoles. De plus, on aperçoit du tissu élastique déjà formé. Les fibres rameuses du tissu élastique, qui sont creuses, d'après Purkinje, paraissent se former de ces cellules.

Voici quel est le type de la formation dans la cinquième classe. Il existe d'abord des cellules indépendantes, qui sont tantôt rondes ou cylindriques, tantôt étoilées. Dans le premier cas, les cellules primaires se rangent en ligne à la suite les unes des autres, puis les cloisons sont résorbées, de manière qu'aux cellules primaires s'en substitue une secondaire, qui croît ensuite comme une cellule simple : c'est ce qui paraît avoir lieu pour les muscles et les nerfs. Dans le second cas, les cellules étoilées s'accolent par leurs prolongements, et les cloisons sont résorbées, ce qui produit un réseau de tubes. Tel paraît être le mode de formation des vaisseaux capillaires.

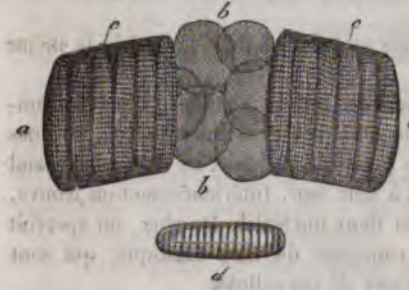
(1) La figure 295 représente, d'après Schwann, des cellules primaires à divers âges de développement pour produire des fibres de tissu cellulaire, entre les fibres charnues des muscles cutanés du cou, chez un embryon de cochon, long de 7 lignes. Grossissement, 450 diamètres ; *a b* noyaux.

(2) *Comp.* Mandl, *loc. cit.*, p. 420.

1° *Muscles.* Schwann (1) a remarqué dans les cylindres des faisceaux primitifs d'un fœtus de cochon long de trois pouces et demi, un bord obscur et une partie interne claire, qui est vraisemblablement une cavité. On distinguait dans la partie claire, outre quelques petits granules, des corpuscules plus volumineux, ovales, aplatis, c'est-à-dire des noyaux contenant souvent un ou deux nucléoles. Ces noyaux étaient placés à des distances plus ou moins régulières les uns des autres, dans l'épaisseur du cylindre, en dehors de l'axe. Dans les muscles plus avancés en âge, on n'aperçoit plus aucun indice de cavité, mais les noyaux demeurent visibles encore pendant longtemps, et ils sont logés dans l'épaisseur des fibres, quoique souvent ils fassent une légère saillie à l'extérieur. Rosenthal assure que les noyaux n'ont même pas encore disparu dans les muscles des adultes. La substance musculaire proprement dite du cylindre naît par un dépôt secondaire dans l'intérieur du canal. La gaîne anhiste des faisceaux musculaires primitifs, que j'ai vue, il y a déjà longtemps, chez les insectes, paraît être un reste de la membrane pariétale de la cellule secondaire (2).

Fig. 296.

Fig. 297.



Valentin avait d'abord représenté les faisceaux musculaires primitifs comme se formant par la sériation et la fusion de granules, et les fibres primitives comme résultant de la scission du faisceau en fibres plus petites. D'après ses nouvelles observations, on aperçoit d'abord, dans le blastème des muscles, des noyaux munis de nucléoles, qui ne tardent pas à s'entourer de cellules extrêmement délicates. Les cellules deviennent oblongues, et se rangent à la suite les unes des autres, en manière de filaments de conferves. Sur les parois de la membrane celluleuse secondaire, parois qui acquièrent plus d'épaisseur, il se produit des fibres longitudinales, et les parois intermédiaires des cellules disparaissent par résorption. Le faisceau musculaire forme alors un tube, dont les parois, proportionnellement

(1) *Comp.* Mandl, *loc. cit.*, p. 440. — Figure 296. Substance du cœur d'un embryon de poulet de 72 heures: *a a* noyaux des globules organo-plastiques; *b b* noyaux allongés; *c c* corps fusiformes; *d d* faisceaux rudimentaires; *e e* substance intercellulaire granuleuse. Lebert, *Formation des muscles*, fig. 2.

(2) Mueller's *Archiv*, 1840, p. 197. — Figure 297. Substance musculaire dont le développement est avancé: *a a* plaques vertébrales; *b b* corde dorsale; *c c* cylindres musculaires à raies transversales vus en place; *d* les mêmes isolés. Embryon de Perche. Lebert, *ib.*, fig. 36.

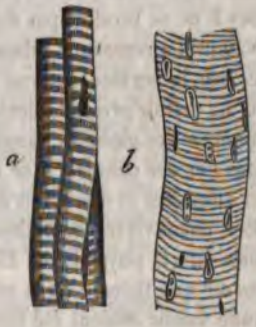
épaisses, se composent de filaments longitudinaux hyalins, et dans la cavité duquel sont contenus les noyaux des cellules primitives (1).

Fig. 298.

2° *Nerfs.* Chaque fibre nerveuse est, dans son trajet entier, une cellule se-

Fig. 299 (2).

Fig. 300 (3).



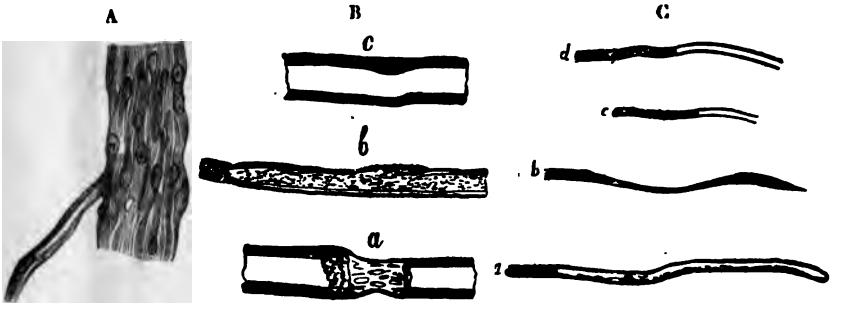
(1) La figure 298 représente, d'après Schwann, le développement des fibres musculaires : A, *a b c* fibres du muscle du dos d'un embryon de cochon long de 3 pouces 1/2 ; B, la fibre *c* de la précédente figure, après qu'elle a subi l'action de l'acide acétique ; C, *a b c* fibres des muscles du bras d'un fœtus de cochon long de 7 pouces.

(2) Figure 299. Muscle d'un embryon de poulet de huit jours : *a a* faisceaux musculaires ; *b b* globules contenus dans leur intérieur ; *c c* globules tout autour des faisceaux rudimentaires : *d d* substance granuleuse ; *e e* insertion du tendon. Lebert, *ibid.*, fig. 9.

(3) Figure 300 : *a* stries transversales, complétement formées et foncées ; les noyaux ne se voient plus. D'un enfant à terme. *b* fibre élémentaire d'adulte, traitée par un acide ; on voit les noyaux. Grossissement, 300 diamètres. Todd et Bowman, *Phys. An. and ph.*, p. 157.

condaire, née par la fusion de cellules primaires, dont chacune avait son noyau. Schwann (1) pense que la substance blanche, qui forme un tube autour du cylindre de Purkinje, est un dépôt secondaire effectué sur la face interne de la paroi de la cellule. En effet, la substance blanche de chaque fibre nerveuse est entourée

Fig. 301.



d'une membrane anhiste particulière, comme les faisceaux musculaires primitifs. Cette membrane se montre sous la forme d'une étroite ligne claire, facile à distinguer des contours obscurs de la substance blanche. La netteté de la ligne extérieure de démarcation s'oppose, dit Schwann, à ce qu'on regarde cette membrane comme composée de tissu cellulaire. Dans les nerfs dont la substance blanche était complétement développée, il a parfois aperçu çà et là sur les côtés un noyau de cellules situé dans le bord pâle produit par la membrane. Dans les fibres nerveuses grises il ne se produit pas de substance blanche (2).

Valentin a remarqué, dans la substance cérébrale des jeunes embryons, des cellules sur la surface externe desquelles une masse granulaire s'était déposée peu à peu. La cellule primaire devient noyau, son noyau nucléole, et le dépôt masse fondamentale des globules ganglionnaires. Après que les fibres nerveuses ont été produites par des cellules, il se dépose à leur surface des noyaux de cellules, des cellules allongées et des fibres de tissu cellulaire.

Les découvertes de Schwann signalent un des plus importants progrès qu'ait jamais faits la physiologie. Elles ont permis, ce qui avait été impossible jusqu'alors, d'établir une théorie de la végétation et de l'organisation. Des observations d'une grande valeur avaient été faites dans toutes ces branches de la science, dont quelques unes sont arrivées déjà à un haut degré de perfection; mais, pour ce qui concerne les fondements sur lesquels l'édifice entier doit reposer, nous sommes obligés de convenir qu'ils étaient d'une faiblesse extrême, que même ils n'existaient pas partout, et que de là provenait le peu de connexion qui paraissait avoir lieu entre diverses observations d'une haute portée, dont s'étaient enrichies les parties les plus avancées de la physiologie. Aujourd'hui, nous sommes en possession de ces principes fondamentaux. Schwann lui-même s'est trouvé conduit par

(1) La figure 301 représente, d'après Schwann, le développement des fibres nerveuses: A, faisceaux de fibres nerveuses du plexus brachial d'un embryon de cochon long de 4 pouces; B, *a b c* fibres du nerf vague d'un veau; C, fibres nerveuses isolées: *a* du nerf trijumeau d'un embryon de cochon long de 6 pouces 1/2; *b c d* du nerf sciatique du même fœtus.

(2) *Comp.* MANDL, *Manuel d'Anatomie générale*, p. 156.

les recherches de Schleiden et par les siennes propres à une théorie générale de l'organisation, dont il ne nous est permis d'exposer ici que les traits principaux.

Les parties élémentaires les plus diverses des corps organisés, animaux et végétaux, sont soumises à une loi commune de développement, et cette loi consiste en ce que toutes elles proviennent de cellules. Il existe d'abord une substance sans structure, située dans l'intérieur ou dans les interstices de cellules déjà existantes. Au milieu de cette substance se forment, d'après des lois déterminées, des cellules qui, en se développant ensuite de manières diverses, deviennent les parties élémentaires des corps organisés.

Dans tout tissu quelconque, il ne se produit de cellules nouvelles que là seulement où une nouvelle substance nutritive trouve un accès direct. C'est là-dessus que se fonde la différence entre les tissus qui possèdent des vaisseaux et ceux qui en sont dépourvus. A l'égard des premiers, le liquide nourricier (liqueur du sang) est répandu dans le tissu entier, d'où il résulte aussi que les nouvelles cellules naissent dans toute l'épaisseur de ce même tissu. Pour ce qui concerne les autres, l'épiderme, par exemple, le liquide nourricier n'y arrive que par l'une des surfaces. Ainsi, dans le cartilage, tant qu'il est encore dénué de vaisseaux, les nouvelles cellules cartilagineuses ne se produisent qu'à la superficie, ou du moins au voisinage de la superficie, parce que le cytoblastème ne pénètre pas plus loin. Le terme d'accroissement par apposition est exact, lorsqu'on le rapporte à la production de nouvelles cellules, et non à l'accroissement de celles qui existent déjà. En effet, les nouvelles cellules de l'épiderme ne naissent qu'en dessous, tandis qu'il s'en produit dans toute l'épaisseur des tissus qui contiennent des vaisseaux ; mais, dans les deux cas, les cellules croissent par intussusception. Les os forment, en quelque sorte, une catégorie intermédiaire. Le cartilage est d'abord privé de vaisseaux, et les nouvelles cellules ne s'y produisent, par conséquent, qu'au voisinage de la surface extérieure. Après que les vaisseaux se sont développés dans les canalicules médullaires, la formation d'un nouveau cytoblastème et de nouvelles cellules peut s'accomplir, tant à la surface de l'os qu'au pourtour des canalicules : c'est ce qui explique pourquoi le cartilage des os se compose de couches superposées, qui sont concentriques, les unes à la surface et les autres aux canalicules médullaires.

Voici maintenant en quoi consiste la formation des cellules. Au milieu d'un cytoblastème d'abord anhiste ou finement grenu, apparaissent des corpuscules arrondis, qui sont des noyaux, autour desquels se forment des cellules. Le noyau est granuleux, et solide ou creux. Ce qui se montre d'abord est le nucléole, autour duquel se dépose une couche de substance finement grenue. Le noyau croît ; autour de luise produit ensuite la cellule, due à la précipitation, sur la surface, d'une couche de substance différente du cytoblastème entourant. Cette couche n'est point d'abord séparée par des limites nettes. Quand la membrane pariétale s'est consolidée, elle se distend par l'admission incessante de molécules nouvelles entre celles qui existent déjà, et elle s'éloigne par là du noyau, qui demeure placé sur un point de sa face interne. La formation de la cellule n'est que la répétition, autour du noyau, du procédé par lequel celui-ci s'était formé autour du nucléole : seulement, l'action a plus d'intensité dans le premier cas que dans le second. La composition chimique de la membrane pariétale varie suivant les cellules, suivant même leur

âge, car, d'après Schleiden (1), les premières cellules végétales se dissolvent dans l'eau, ce que ne font plus celles qui viennent après. Le contenu des cellules varie bien plus encore : graisse, pigment, etc. Un précipité grenu peut s'opérer peu à peu autour du noyau, dans une cellule qui était primitivement limpide; mais il peut aussi arriver que le contenu grenu des cellules se dissolve peu à peu (2).

(1) Schwann a sans doute rendu un grand service en appliquant les découvertes de Schleiden à la physiologie animale, en appelant l'attention sur un sujet dont on ne s'était point encore occupé jusqu'alors. Mais la théorie qu'il a proposée, et qui compte aujourd'hui un grand nombre d'adhérents, qui sert même de base aux raisonnements de la plupart des micrographes, en Allemagne surtout, laisse encore beaucoup à désirer, et ne s'accorde pas toujours avec les résultats d'une observation rigoureuse. Elle a déjà été attaquée plusieurs fois, et certainement elle subira avant peu de nombreuses et profondes modifications. (*Note du trad.*)

(2) De profondes modifications ont été apportées à la théorie de Schwann sur la cellule et ses transformations. M. Robin (*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1849) a résumé dans un tableau les nouvelles opinions, qui sont que chez les végétaux seuls la cellule est l'origine de tous les tissus, mais que chez les animaux une portion seulement a cette origine.

DÉVELOPPEMENT DES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES. — I. DANS L'ŒUF : éléments des tissus transitoires ou CELLULES EMBRYONNAIRES, se formant par segmentation du vitellus, d'où résulte la naissance de l'embryon, et se terminant :

A. CHEZ LES VÉGÉTAUX : toutes, par métamorphose directe, en éléments des tissus définitifs, et persistant ainsi, à l'*état de cellule*, pendant toute la durée de l'être.

B. CHEZ LES ANIMAUX. — *a.* Celles de la couche superficielle du feuillet séreux du blastoderme seulement se métamorphosent, à la manière des cellules végétales, en éléments des produits (cellules de l'amnios, cellules épithéliales, etc.).

b. Toutes les autres *cellules embryonnaires* se terminent par DISSOLUTION.

II. DANS LES TISSUS DE L'ÊTRE FORMÉ : éléments des tissus qui persistent pendant toute la vie de l'individu; d'où résulte l'*accroissement* de celui-ci. ILS NAISSENT :

A. CHEZ LES VÉGÉTAUX : à l'*état de cellules*, se formant de toutes pièces ou par gemmation, et se métamorphosant comme chez l'embryon. Ils se *terminent* à la mort de l'être, ou par résorption pendant la vie. (La formation des cellules par cloisonnement d'une cellule qui se partage ainsi en deux est une multiplication d'une cellule aux dépens d'une cellule existant déjà, une REPRODUCTION; elle ne peut être rangée parmi les autres modes de formation ci-dessus; car il ne se forme jamais ainsi qu'une cellule semblable à celle dont elle dérive, et cette cellule présente les mêmes propriétés que celle dont elle dérive. Elle ne se métamorphose jamais autrement qu'elle.)

B. CHEZ LES ANIMAUX. — *a.* Les éléments des *produits* (épithéliums, etc.) naissent à l'état de cellules, se formant de toutes pièces et se métamorphosant directement en *corne*, *ongles* et autres produits, par une métamorphose analogue à celle des cellules embryonnaires animales correspondantes, et comme toutes les cellules végétales. Ils se terminent par dessiccation, et ils tombent seulement à la mort.

b. Les éléments des *tissus* fondamentaux (*muscles*, *derme*, etc.), ou *tissus proprement dits*, naissent par formation de toutes pièces, sans passer par l'état de cellule ni se métamorphoser. Ils naissent dans le blastème résultant de la dissolution des cellules embryonnaires, ou dans celui que laissent exsuder les vaisseaux. Ils se *terminent* à la mort ou par résorption (atrophie). Ce mode de formation de toutes pièces, par substitution aux cellules embryonnaires, est propre au règne animal.

Quant au développement des vésicules adipeuses, elles ne se forment pas par métamorphose des cellules embryonnaires; elles ne prennent, au contraire, la forme de vésicule que dans la dernière période de leur développement. Au lieu d'être leur premier état d'évolution, c'est le dernier. Elles commencent par être formées de trois ou quatre gouttelettes, ayant $0^{m},004$ environ, groupées l'une à côté de l'autre. Le volume de chacun de ces groupes augmente peu à peu par formation de nouvelles gouttelettes à côté des premières. Ce n'est qu'à l'époque où cet amas

SECTION III.

DE LA NAISSANCE ET DU DÉVELOPPEMENT APRÈS LA NAISSANCE.

CHAPITRE PREMIER.

De la naissance.

En neuf mois solaires, ou dix mois lunaires, le fœtus humain a complété son développement. Pendant ce laps de temps, la matrice sert de communication entre lui et l'organisme maternel, et de nouvelles fibres musculaires se produisent continuellement dans sa substance, de même que les muscles sont les premiers organes

atteint le volume d'une vésicule adipeuse (0m,940 ou 0m,050) que se forme une membrane autour des gouttelettes, qui peu à peu se réunissent toutes en une seule masse liquide huileuse. Jusqu'alors il n'y avait pas trace de membrane. Elles commencent à apparaître vers le cinquantième ou soixantième jour; mais la durée de la formation de chaque cellule n'est pas connue. Ainsi le mode de formation générale des vésicules adipeuses n'est pas analogue à celui des cellules proprement dites. Cette formation commence longtemps après la disparition des cellules embryonnaires, et elle ne diffère pas du mode de formation générale des autres éléments des tissus proprement dits ou tissus constituants.

Dans un autre endroit (Ostéogénie, dans *Supplément au dictionnaire des dictionnaires de médecine*), M. Robin a ainsi résumé les nouveaux aperçus :

« 1° Les éléments anatomiques qu'on appelle cellules sont de petits corps polyédriques, en général pourvus d'un noyau avec ou sans nucléole, qu'on peut rencontrer tant chez l'embryon que sur le fœtus et l'adulte. Contrairement à ce que prétendent beaucoup d'auteurs, et à ce qu'indique leur nom général de *cellule*, ils sont loin de présenter tous une *paroi* et une *cavité* avec *contenu*. Le nom de *cellule*, tiré du règne végétal, où il y a en effet ces trois choses bien distinctes, doit néanmoins être conservé dans le règne animal, où ordinairement la *cellule* est formée de deux choses principales : la *masse de cellule*, ou masse cellulaire d'égale densité au centre comme à la périphérie, plus un *noyau*. Ce nom doit être conservé parce que les caractères généraux des véritables cellules s'y retrouvent, savoir : une masse polyédrique limitée dans son volume, avec des granulations au dedans, souvent la forme, et très habituellement le noyau. Chez presque tous les vertébrés il n'y a de cellules avec *paroi* et *cavité* distinctes que pendant la période embryonnaire proprement dite, où le nouvel être n'est encore formé que de cellules. Chez le fœtus et l'adulte, quand l'animal a en outre déjà des éléments sous forme de *fibres*, *tubes*, etc., les cellules (normales et morbides) ne présentent plus *paroi* et *cavité* distinctes : ces deux choses ont pris une égale densité. Il n'y a que dans certaines glandes que l'on trouve la paroi, la cavité et son contenu rester bien distincts l'un de l'autre; ce fait est beaucoup plus général encore dans les invertébrés, où il est à peu près la règle, que chez les vertébrés.

» 2° Il faut savoir encore qu'il y a trois ordres de faits généraux liés intimement les uns aux autres, qui comprennent l'ensemble des phénomènes concernant la genèse des éléments anatomiques. Ils n'ont jamais été clairement établis par les auteurs, quoique très réels.

» *a.* On donne le nom de *théorie cellulaire* à ce fait général, que tous les êtres végétaux et animaux dérivent d'éléments anatomiques ayant l'état de *cellule*. Tous les êtres qui naissent d'un œuf commencent par être entièrement formés de cellules qui se forment par segmentation de

qui apparaissent chez l'embryon : aussi tous les degrés de développement par lesquels passe la chair musculaire peuvent-ils être observés, durant cette période, dans la matrice, dont cependant la puissance contractile demeure en repos. Une fois le développement achevé, l'enfant, qui a conquis son indépendance, est devenu un corps étranger pour cet organe, qui réagit contre lui par des contractions. Ce sont ces contractions qui déterminent l'accouchement. Elles ont lieu également dans le cas de grossesse extra-utérine, lorsque la mère et l'enfant cessent d'être unis ensemble par une réciprocité d'action. Toujours douloureuses, et connues, en conséquence, sous le nom de *douleurs*, elles se répètent de temps en temps d'une manière rhythmique, sans cependant cesser complétement dans les intervalles, puisque la matrice reste appliquée à la surface de son contenu. Après la naissance, elles continuent encore quelque temps, avec le même type. Il n'est pas rare que, chez les femmes qui meurent sans accoucher, elles s'établissent après la mort, et amènent ainsi l'expulsion du fœtus.

Les contractions utérines paraissent commencer à l'orifice de la matrice, se propager vers le fond et revenir à l'orifice extérieur, ce qui fait que le contenu, d'abord soulevé, se rapproche de plus en plus du col, dont les fibres cèdent peu à peu, et qui finit par s'étendre sous la forme de membrane. Lorsque ces mouvements sont violents, de même que dans les efforts pour débarrasser la vessie et le rectum de leur contenu, les muscles des parois du tronc y prennent part, et com-

vitellus et desquelles dérivent les autres éléments anatomiques ; tant ceux qui sont sous forme de *cellules modifiées* quant à quelques uns de leurs caractères, que ceux ayant forme de fibres, tubes, etc. Ces cellules sont appelées *cellules* ou *éléments embryonnaires* ou *transitoires*, parce qu'elles n'ont qu'une existence temporaire ; elles sont destinées à disparaître ou au moins à prendre d'autres caractères ; elles sont ainsi remplacées par les *éléments définitifs ou permanents*.

» *b*. On donne le nom de *théorie de la métamorphose* des cellules, à ce fait que tous les éléments anatomiques des végétaux (cellules du tissu cellulaire, fibres et vaisseaux de divers ordres), et tous les éléments des *produits* chez les animaux, dérivent directement des cellules embryonnaires par *métamorphose*, c'est-à-dire par changement de forme, volume, consistance, etc., de celles-ci.

» *c*. On donne le nom de *théorie de la substitution*, à ce fait que chez les animaux tous les éléments des *constituants* se forment par *substitution* de ces éléments aux cellules embryonnaires ou transitoires qui disparaissent. Il y a remplacement d'une partie des cellules embryonnaires qui se dissolvent, par des éléments définitifs qui se forment de toutes pièces, par génération nouvelle, spontanée, à leur place, à l'aide du blastème résultant de cette dissolution. Il y a ainsi *substitution* d'éléments permanents, définitifs, à des cellules embryonnaires, éléments transitoires qui disparaissent par dissolution et résorption. Cette manière dont certains éléments définitifs dérivent des cellules embryonnaires est bien plus complexe, bien moins directe que la métamorphose. Ce mode de formation, la *substitution*, est propre aux animaux seulement et encore uniquement aux éléments de leurs *tissus constituants* ou des *constituants* ; ces éléments ont, comme on sait, pour la plupart, l'état de fibres, de tubes, de matières homogènes et très rarement celui de cellules. C'est l'inverse pour les *produits*.

» Ainsi qu'on vient de le voir, ces trois ordres de faits s'enchaînent l'un et l'autre, sont liés intimement, et décroissent en généralité. D'abord la *théorie cellulaire* est un fait général commun à tous les êtres vivants. Puis la *théorie de la métamorphose* s'applique à la formation de tous les éléments définitifs des végétaux et à ceux des *produits* seulement chez les animaux. Enfin la *théorie de la substitution* ne s'applique qu'à la formation des éléments anatomiques des *tissus constituants* animaux, c'est-à-dire aux éléments qui, en général, outre les propriétés végétatives, jouissent des propriétés animales. » É. L.

priment la cavité abdominale, soit de haut en bas (diaphragme), soit d'avant en arrière et d'un côté à l'autre (muscles abdominaux). Quand les contractions s'accomplissent avec beaucoup d'énergie, les mouvements des muscles soumis à la volonté ont lieu sans le secours de cette dernière, d'après la loi des mouvements associés et des mouvements réflexes, pour la production desquels il existe des causes suffisantes, savoir : des mouvements violents et des sensations vives dans la matrice. Beaucoup d'autres muscles du tronc éprouvent aussi de la tendance à entrer en action. Les membres inférieurs s'arc-boutent, la respiration se suspend, et les mains saisissent tout ce qui peut fournir un point d'appui pour pousser.

Dans le dernier mois de la grossesse, la matrice s'abaisse. Vers la fin de ce mois, la situation de l'enfant est telle que son axe longitudinal correspond à celui de l'organe utérin, à l'orifice duquel s'applique ou se présente l'une de ses parties. Il a les genoux ramenés vers le ventre, les bras appliqués sur la poitrine, et la tête inclinée sur cette dernière. Pendant l'accouchement, la partie qui s'engage dans le bassin met son plus grand diamètre en rapport avec celui des diverses régions pelviennes, de sorte qu'elle décrit un mouvement spiral. Dans les cas les plus ordinaires, l'accouchement par la tête, le grand diamètre de celle-ci s'engage dans le diamètre oblique de l'entrée du bassin ; à mesure qu'elle descend, ce même diamètre vient correspondre au diamètre droit de la cavité pelvienne, de sorte que l'occiput arrive sous l'arcade pubienne, tandis que la face regarde la concavité du sacrum. La courbure du canal pelvien fait que la partie de l'enfant qui descend le long de la paroi antérieure a moins de chemin à parcourir que celle qui glisse le long de la paroi postérieure.

On est dans l'usage de diviser l'accouchement en plusieurs périodes. La première s'étend depuis le commencement des douleurs jusqu'à l'ouverture du col utérin ; et la seconde depuis ce moment, jusqu'à la rupture des membranes. En effet, lorsque le col s'est ouvert, une partie des membranes de l'œuf s'y engagent, et forment une poche qui, en se déchirant, laisse échapper une certaine quantité des eaux de l'amnios. La troisième période comprend le temps qui s'écoule depuis la rupture de la poche jusqu'à l'apparition de la tête aux parties génitales externes. Durant cette période, la tête, qui a franchi l'orifice de la matrice, descend dans le vagin. Pendant la quatrième période, l'occiput se dégage de la vulve, et le reste de l'enfant vient après ; les épaules présentent aussi leur diamètre oblique à l'entrée du bassin, dans la cavité duquel elles descendent également par leur diamètre droit. La dernière période comprend l'expulsion du placenta et des membranes de l'œuf : car, après la sortie de l'enfant, la matrice continue de se contracter, ce qui détache le placenta, et donne lieu à un écoulement de sang, causé par la déchirure des vaisseaux. L'arrière-faix sort une demi-heure à une heure après l'enfant, de sorte que l'accouchement est terminé la plupart du temps dans l'espace de six à douze heures. La matrice revient ensuite peu à peu sur elle-même (1).

La parturition présente, en général, plus de facilité chez les animaux, à cause de la forme conique du museau, que précèdent les pattes de devant, à cause aussi

(1) F.-C. Nægele, *Ueber den Mechanismus der Geburt*, dans Meckel's *Archiv*, 1819, p. 483. — Chailly, *Traité pratique de l'art des accouchements*. 2e édition, Paris, 1845.

de la mobilité plus grande des os du coccyx (1); elle peut aussi être favorisée soit par l'absence de la symphyse pubienne, comme chez les vampires, soit par l'extensibilité de cette symphyse, comme chez l'aperea et autres.

La mère et l'enfant après la parturition.

L'enfant respire et crie dès que ses organes respiratoires sont débarrassés de la pression qui accompagne l'accouchement. Le cordon ombilical est lié et coupé par les personnes qui assistent la mère. Chez les animaux, il se déchire presque toujours de lui-même, sur un point peu éloigné de l'ombilic, où sa mollesse est plus grande; parfois aussi la mère le coupe avec ses dents. Les vaisseaux ombilicaux se resserrent sur-le-champ, et ne tardent pas à s'oblitérer. Le trou oval et le conduit de Botal se ferment aussi dans les premières semaines qui suivent la naissance, de sorte que tout le sang est obligé de traverser les poumons avant de se rendre au corps, et que la circulation pulmonaire n'est plus qu'une station de la circulation entière, au lieu qu'elle en avait été jusqu'alors une fraction. Les jeunes mammifères cherchent instinctivement les mamelles de la mère; l'enfant nouveau-né est poussé aussi par un penchant continuel à sucer tous les objets qui s'offrent à lui. La sécrétion du lait, qui avait déjà commencé pendant la grossesse, prend un grand accroissement durant les premiers jours qui suivent la naissance; l'activité qui jusqu'à ce moment s'était déployée dans la matrice se reporte alors vers les glandes mammaires, et la mère, qui avait manifesté sa joie à la vue de la faible créature qu'elle vient de mettre au monde, se consacre tout entière à la nourrir et à la protéger. Après l'accouchement, il survient par les parties génitales un écoulement modéré de sang, qui constitue les *lochies* (2). Cet écoulement dure quelques jours, puis fait place à de la sérosité, et enfin prend un caractère muqueux quand les plaies de la surface interne de la matrice sont guéries. La sécrétion du lait devient plus abondante, par suite de l'irritation mécanique que l'acte de la succion exerce sur les mamelons, et de la direction que prennent les idées de la mère, maintenant concentrées sur tout ce qui a rapport à la nutrition et à la présence de son enfant. Une fois provoquée, cette sécrétion peut souvent acquérir une durée presque illimitée, comme on en voit des exemples chez les animaux et même quelquefois dans l'espèce humaine; mais généralement elle diminue au retour des règles, qui a lieu vers le neuvième mois environ. Chez les femmes qui n'allaitent pas, la menstruation reparaît ordinairement de bonne heure, vers la sixième semaine après l'accouchement.

Le lait des femmes enceintes et de celles qui viennent d'accoucher porte le nom de *colostrum*. D'après Donné, il contient un certain nombre de globules laiteux, mais encore mal formés, irréguliers et disproportionnés entre eux. On y trouve, en outre, des particules d'une tout autre nature, peu transparentes, jaunâtres, et comme granuleuses, qui ne disparaissent que vers le vingtième jour après la naissance. C'est aux globules laiteux promptement dits que le lait doit sa couleur blanche. Ils sont composés principalement de graisse, et paraissent en-

(1) Stein, *Unterschied zwischen Mensch und Thiere im Gebæhren*. Bonn, 2e édition, 1839.

(2) La table suivante, dressée par J.-J. Scherer (*Chemische und microscopische Untersuchungen zur Pathologie*, Heidelberg, 1843), d'après quatre accouchées qui n'offraient aucun

tourés d'une autre matière encore, car l'alcool et l'éther ne les dissolvent pas sur-le-champ. Par l'effet du repos, les gouttelettes de graisse se rassemblent presque toutes à la surface du lait, et y forment ce qu'on nomme la crème. Une agitation prolongée les fait adhérer les unes avec les autres, d'où résulte le beurre; le liquide restant contient les autres principes constituants du lait, la caséine, le sucre de lait et les sels, tous à l'état de dissolution. Le beurre appartient à la classe des corps gras non azotés et saponifiables (1).

symptôme de maladie, indique les changements successifs de la composition des lochies pendant la durée de l'écoulement.

Jour.	Composition.	Femme.	Fille de 19 ans.	Femme.	Multipare.
1er	Eau	74,00	»	83,34	83,01
	Résidu solide	26,00	»	16,66	16,99
	Cendres	»	»	0,70	0,987
2e	Eau	81,22	»	81,58	81,74
	Résidu solide	18,78	»	18,42	18,26
	Cendres	0,935	»	1,31	1,054
3e	Eau	76,00	88,40	»	86,70
	Résidu solide	24,00	11,60	»	13,30
	Cendres	1,22	1,28	»	0,894
4e	Eau	80,90	»	»	89,872
	Résidu solide	19,10	»	»	10,128
	Cendres	0,95	»	»	1,427
5e	Eau	90,65	90,33	87,96	»
	Résidu solide	9,35	9,67	12,04	»
	Cendres	»	1,06	1,106	»
6e	Eau	92,40	93,20	»	»
	Résidu solide	7,60	6,80	»	»
	Cendres	0,82	0,80	»	»
7e	Eau	»	94,72	»	»
	Résidu solide	»	5,28	»	»
	Cendres	»	0,98	»	»
8e	Eau	»	96,57	»	»
	Résidu solide	»	3,43	»	»
	Cendres	»	0,98	»	»

Ainsi les lochies deviennent de plus en plus aqueuses; la perte de substances solides qu'elles éprouvent porte plus sur les parties organiques que sur les parties inorganiques. Scherer assure que le liquide, pris au troisième jour, et introduit dans une plaie faite à un lapin, détermina une gangrène locale, avec infection générale, et suivie de mort. Pendant les deux premiers jours, d'après Stannius et Scherer, les lochies ne sont composées que de sang [illegible]stique pur, avec les corpuscules normaux. Au troisième jour, on y aperçoit, outre ceux-ci, des corpuscules d'exsudation ou de mucus. Les premiers donnent la couleur au liquide, et les autres le rendent de plus en plus consistant. Du reste, ce liquide charrie une quantité variable de débris d'épithélium. (*Note du trad.*)

(1) Simon (*Die Frauenmilch*, p. 8) a analysé le lait d'une femme, au second jour après l'accouchement, quand il n'y avait pas encore de fièvre, au dix-septième jour, et au cent trente-sixième; il a obtenu les résultats suivants en centièmes :

	Eau.	Caséine.	Sucre.	Beurre.	Sels fixes.
2e jour	82,80	4,00	7,00	5,00	0,316
17e jour	88,38	1,96	5,76	3,14	0,166
136e jour	87,36	4,00	4,60	3,70	0,270

Ainsi le colostrum contient plus de sels, de beurre et de sucre. (*Note du trad.*)

La caséine est soluble dans l'eau, tant chaude que froide, et elle ne se coagule point par l'ébullition. L'alcool, le chlorure mercurique, l'alun et l'acétate plombique la précipitent; les précipités se dissolvent dans l'eau après qu'on a enlevé le réactif par des lavages répétés. Les acides en petite quantité la précipitent, mais ils redissolvent le précipité lorsqu'on les met en excès. Elle se comporte d'une manière toute particulière avec la pepsine et la présure, qui la précipitent sans que le précipité soit susceptible d'être redissous par l'eau. La dissolution acide de caséine est troublée ou précipitée par le cyanure ferrico-potassique. Sa composition élémentaire la range, ainsi que le lait, parmi les aliments azotés. Elle contient, d'après Mulder: carbone 55,10, hydrogène 6,97, azote 15,95, oxygène 21,62, et soufre 0,41 (1).

Les autres principes constituants du lait, la graisse et le sucre de lait, sont des aliments non azotés. Le sucre de lait reste en dissolution après qu'on a enlevé le beurre et la caséine. Il cristallise aisément. A l'état de pureté, il n'est pas susceptible de fermenter; mais il paraît pouvoir se convertir en sucre de mucilage sous l'influence de la caséine azotée. Sa composition élémentaire, d'après Gay-Lussac, Thénard, Prout et Berzelius, est: carbone 40,46, hydrogène 6,60, oxygène 52,93.

Le lait de femme frais est faiblement alcalin, tandis que celui de vache est parfois légèrement acide (2). Mais tout lait quelconque devient aigre au bout d'un certain temps, et surtout sous l'influence d'une disposition électrique de l'atmosphère, ce qui tient à une modification de ses principes constituants, probablement du sucre de lait. L'acide ainsi produit est de l'acide lactique.

Le lait ne se ressemble pas à tous égards chez tous les animaux. Suivant Simon (3), la caséine du lait de femme n'est point précipitée par les acides, ce qui tient vraisemblablement à sa petite quantité, en proportion de celle qu'on emploie d'acide; car une dissolution étendue de caséine est précipitée par un minimum d'acide, et, si l'on ajoute davantage de ce dernier, le précipité se redissout.

(1) Donné (*Du lait, et en particulier de celui des nourrices*, Paris, 1837) considéra d'abord le lait comme une émulsion dans laquelle la matière grasse, extrêmement divisée, nageait, à l'état de globules, dans un sérum contenant la caséine, le sucre et des sels en dissolution. Depuis (*Cours de microscopie*, p. 36), il a cru reconnaître qu'une partie du caséum n'est pas réellement dissoute dans le lait, et qu'elle s'y trouve à l'état de très petits globules, idée qu'avait déjà émise Quevenne. Peut-être même, suivant lui, existe-il encore une troisième forme intermédiaire à l'état solide et à l'état liquide, qu'on pourrait appeler état visqueux, et par laquelle la caséine passe, avant de se séparer, à l'état concret. En effet, les globules gras paraissent environnés, dans la crème, d'une sorte d'atmosphère de caséum visqueux; ils sont plongés et comme empâtés dans ce liquide, et le barattage, qui détermine la formation du beurre, n'agit peut-être qu'en séparant et coagulant ce caséum, en dégageant les globules butyreux de la matière visqueuse qui les environne. — *Comp.*, sur le lait, Herberger, dans *Archiv fuer Pharmacie*, 1840, t. XXI, p. 36, 188. — Nasse, dans Mueller's *Archiv*, 1840, p. 259. — Chevallier et Henry, dans *Journ. de chim. méd.*, 1839, t. V, p. 145 et 193. (*Note du trad.*)

(2) Le lait de vache n'est pas toujours acide, mais seulement quelquefois (Quevenne, *Ann. d'hygiène*, 1841, t. XXVI, p. 5, 257); mais, sa sécrétion étant sollicitée par des moyens factices, on ne peut le regarder comme étant, à tous égards, dans un état complétement physiologique. Donné (*loc. cit.*, p. 353) considère le lait comme alcalin en général, et n'offrant un léger degré d'acidité qu'accidentellement et par exception. (*Note du trad.*)

(3) Simon, *Die Frauenmilch nach ihrem chemischen und physiologischen Verhalten dargestellt*. Berlin, 1838.

Le lait de femme (1) contient, d'après Payen :

Beurre	5,18	5,16	5,20
Caséine	0,24	0,18	0,25
Résidu solide du petit-lait évaporé .	7,86	7,62	7,93
Eau	85,80	86,00	85,50

Le lait de vache écrémé est composé comme il suit, selon Berzelius :

Caséine, avec un peu de beurre.	2,600
Sucre de lait	3,500
Extrait alcoolique, acide lactique et lactates . . .	0,600
Chlorure potassique	0,170
Phosphate alcalin	0,025
Phosphate calcique, chaux combinée avec la caséine, magnésie et traces d'oxydes de fer	0,230
Eau	92,875

La pesanteur spécifique du lait de femme est de 1,020 à 1,025 ; celle du lait de vache de 1,03.

CHAPITRE II.

Des âges.

Le développement continue pendant une grande partie de la vie extra-utérine, sans être aussi important alors que chez le fœtus. Chez certains animaux seulement, qui sont sujets à des métamorphoses, comme les insectes, quelques crus-

(1) Simon, en analysant le lait d'une même femme à diverses époques, a obtenu les nombres suivants :

Jours après l'accouchement.	Pesant spéc.	Eau.	Résidu sec.	Caséine.	Sucre.	Beurre.	Sels fixes.
2	1,0320	82,80	17,20	4,00	7,00	5,00	0,316
10	1,0316	87,32	12,68	2,12	6,24	3.46	0,180
17	1,0300	88,38	11,62	1,96	5,76	3,[illegible]	0,166
18	1,0300	89,90	10,10	2,57	5,23	1,[illegible]	0,200
24	1,0300	88,36	11,64	2,20	5,20	2,64	0,178
67	1,0340	89,32	10,18	4,30	4,50	1,40	0,274
74	1,0320	88,60	11,40	4,52	3,92	2,74	0,287
82	1,0345	91,40	8,60	3,55	3,95	0,80	0,240
89	1,0330	88,06	11,94	3,70	4,54	3,40	0,250
96	1,0334	89,04	10,96	3,85	4,75	1,90	0,270
102	1,0320	90.20	9,80	3,90	4,90	0,80	0,208
109	1,0330	89,00	11,10	4,15	4,30	2,20	0,276
117	1,0344	89,10	10,90	4,20	4,40	2,00	0,268
132	1,0340	86,14	13,86	3,10	5,20	5,40	0,235
136	1,0320	87,36	12,64	4,00	4,60	3,70	0,270

(*Note du trad.*)

tacés, les cirrhipèdes, les hydrachnes parmi les arachnides, et les reptiles nus, il s'accomplit encore, après la sortie de l'œuf, des changements fondamentaux de formes, et des productions de nouveaux organes ou groupes d'organes. Chez les animaux supérieurs et dans l'espèce humaine, les développements qui ont lieu après la naissance se réduisent aux changements caractéristiques des différents âges. Si l'on prend pour base de la distinction des âges de la vie les principaux phénomènes d'évolution qui s'effectuent pendant sa durée, on peut admettre les périodes suivantes.

1° *Période de la vie embryonnaire.* — C'est alors que la formation et le développement déploient le plus d'activité. Les organes qui se produisent ne remplissent point encore leurs fonctions pour la plupart, ou du moins ne commencent que peu à peu à les exercer. Les organes sexuels n'apparaissent, même chez les reptiles nus, que longtemps après l'éclosion, et chez la larve, tandis que chez les autres vertébrés, les marques distinctives du sexe sont déjà prononcées dans l'embryon. On ignore quelles sont les causes qui déterminent le sexe de ce dernier, quoiqu'il semble que l'âge relatif des parents exerce quelque influence à cet égard (1). Une même portée, chez les animaux qui mettent au monde plusieurs petits à la fois, produit des mâles et des femelles, et chez ceux hors du corps desquels s'opère la fécondation, le même sperme sert à féconder des œufs d'où proviendront et des mâles et des femelles. Mais, quelque variée que soit la proportion des sexes, quand on la considère dans les familles, cependant on arrive à l'égalité numérique dès qu'on opère sur de grands nombres. La loi de laquelle dépend cette égalité de répartition n'est pas hors de l'homme; elle est dans chaque individu même de l'espèce humaine. L'équilibration en grand, malgré une foule de déviations particulières, est la conséquence d'une harmonie préétablie, comme celle des gains et des pertes dans les jeux de hasard.

2° *Période de non-maturité.* — Elle s'étend depuis la naissance jusqu'à la puberté. L'accroissement et le déploiement des formes acquises, la conception et l'analyse graduelles des idées fournies par la sensibilité, en sont les caractères. Certains appareils organiques accomplissent alors leurs petites phases de développement. Telles sont, par exemple, chez l'homme, l'éruption des dents, qui a lieu vers le milieu de la première année, et la seconde dentition, qui commence à la sixième année. On peut d'après cela subdiviser la période en deux âges, qui s'étendent l'un jusqu'à six ans (première enfance), l'autre jusqu'à quatorze ou quinze (seconde enfance). Durant le premier, le besoin de nourriture est fort impérieux, la métamorphose matérielle des organes marche avec énergie et rapidité, et par conséquent le mode d'alimentation a une grande importance; aussi est-ce alors qu'on observe des vices nombreux de conformation, à la production ou à l'entretien desquels une mauvaise nourriture n'est point étrangère, comme le ramollissement des os, l'affection scrofuleuse et autres semblables. Dans la seconde enfance, l'esprit est apte à acquérir des connaissances et à se perfectionner lui-même, l'accroissement a lieu d'une manière plus tranquille, la composition matérielle est

(1) Girou de Buzareingues, dans *Annales des sciences nat.*, t. XI, 145-344; t. XIII, 131.— Hofacker, *De qualitatibus parentum in sobolem transeuntibus.* Tubingue, 1827. — Hetschel, *Zeitschrift*, t. II, p. 446.

affermie. C'est l'âge d'apprendre, celui pendant lequel se posent les bases de ce que l'entendement doit être un jour.

3° *Période de maturité.* — Elle commence à la puberté, et s'étend jusqu'à la perte de la faculté procréatrice, qui a lieu, chez la femme, entre la quarante-cinquième et la cinquantième année. On peut y distinguer deux âges, l'adolescence et la virilité. Je ne reviendrai point ici sur les phénomènes du développement de la puberté, qui ont été exposés ailleurs : en même temps qu'ils se déploient, les organes respiratoires et vocaux se perfectionnent, comme je l'ai dit aussi en traitant de la voix, et la configuration extérieure acquiert tous les développements dont elle est susceptible : aussi les traits du visage subissent-ils souvent un changement rapide à cette époque, et prennent-ils l'expression qu'ils doivent conserver pendant tout le reste de la vie. La physionomie perd le caractère enfantin qu'elle avait eu jusqu'alors, et devient capable de peindre des passions plus vives ; le jeune homme n'a plus besoin d'être guidé, et supporte avec impatience qu'on veuille le diriger ; les défauts de l'enfant mal élevé éclatent, et l'indépendance entraîne à des erreurs dont le temps et l'expérience pourront seuls amener le redressement. Comme la jeune fille se développe de meilleure heure et plus vite, elle renonce aussi plus tôt aux jeux des garçons de son âge, en présence desquels elle devient timide et pudique, lorsqu'ils ont atteint, comme elle, la puberté. Dans les deux sexes, l'imagination déploie toutes ses poétiques richesses : l'envie, l'avarice et la jalousie sont inconnues ; c'est l'âge des dévouements de l'amitié ; on découvre devant soi un horizon à perte de vue ; on ne connaît pas de bornes à ses propres capacités ; l'amour est le centre des plus nobles sentiments, car le développement individuel étant achevé, le trop-plein de la vie organique se rejette sur les nouveaux produits de la génération. Les individus dont la constitution n'a pu parvenir à se consolider encore résistent moins bien alors aux influences du dehors, celles surtout qui portent leur action sur les poumons, devenus d'autant plus excitables que l'appareil respiratoire a pris un grand développement. Aussi voit-on souvent éclater dans cet important organe des maladies dont le germe avait pour ainsi dire dormi jusqu'alors, de même que la phthisie suspend fréquemment ses ravages pendant la grossesse.

Tant que le corps continue de croître, les épiphyses demeurent libres et distinctes, parce que c'est à l'endroit de leur jonction avec la diaphyse que s'opère l'allongement des os. Elles se soudent dès que l'individu a atteint sa taille normale.

A l'âge de la maturité, les formes sveltes de la jeunesse font souvent place à d'autres plus chargées de matière et de graisse, annonçant que la puissance formatrice a perdu une partie de son influence sur la masse. L'intelligence est arrivée à son plus haut période, elle a la conscience de ses limites et de ses facultés, la vie est devenue plus calme et plus sérieuse, et, si les passions existent encore, elles ont pris une autre direction, elles ont maintenant pour but l'acquisition des avantages physiques et moraux qu'il est possible de se procurer dans la vie sociale. Pendant cette période de la vie, il n'y a pas de disposition prédominante aux maladies de tel ou tel système organique. Cependant, vers la fin, les changements matériels se manifestent de préférence dans les organes qui ont pour fonction principale l'élaboration chimique de la matière, comme les grands viscères glandu-

leux ; et la puissance formatrice, qui a perdu de son énergie, peut d'autant moins faire équilibre aux influences pertubatrices, que celles-ci se sont reproduites plus fréquemment. Les poumons ne sont plus alors, comme par le passé, la partie faible du corps, car ils se sont remis peu à peu des secousses qui leur avaient été imprimées durant la jeunesse. Les organes les plus exposés désormais aux altérations morbides sont les viscères du bas-ventre. Les troubles du système nerveux ont aussi plus de portée, plus de retentissement; aussi l'âge mûr est-il plus que tout autre exposé aux maladies mentales.

4° *Période de stérilité.* — Elle s'étend depuis le moment où l'individu cesse de pouvoir se reproduire jusqu'au terme de l'existence. Les formes perdent leur caractère de plénitude et de turgescence. Les poils, dont la pousse avait commencé à la tête, et s'était ensuite étendue à la face, périssent aussi d'abord au cuir chevelu. La barbe seule persiste jusque dans l'âge le plus avancé. Les cartilages et les tuniques des vaisseaux sanguins ont une grande tendance à s'imprégner de sels calcaires. Les dents tombent; leurs alvéoles s'effacent, et les mâchoires se raccourcissent par suite de ce changement. Aucun développement n'a plus lieu; l'énergie des fonctions vitales diminue d'une manière uniforme ou irrégulière; les mouvements perdent leur énergie; les penchants, les inclinations, les sympathies s'effacent peu à peu; les sens s'émoussent; l'imagination s'assombrit, et tout courage s'éteint. Très peu d'hommes arrivent à l'âge où cette diminution graduelle des forces conduit insensiblement au terme d'une vie exempte de maladies. La plupart succombent prématurément à l'influence de causes locales; mais, même en l'absence de toute anomalie accidentelle, l'homme chez lequel il ne s'opère plus aucun développement ressemble davantage à une machine construite avec art qu'à l'organisme primitif, qui trouvait en lui-même les moyens de créer son propre mécanisme, et par conséquent de remédier à tous les désordres dont il pouvait être atteint (1). Aussi, chez le vieillard, le moindre trouble excité par une cause exté-

(1) M. Bouchut (*Traité des signes de la mort et des moyens de prévenir les enterrements prématurés*, 1849) ayant soumis cette question tant agitée à un nouvel examen, et étant parvenu à un résultat tout à fait digne d'attention, je le mets sous les yeux du lecteur. Voici ce résultat: L'absence prolongée des battements du cœur à l'auscultation indique, d'une manière très certaine, la cessation des fonctions de cet organe. Il était impossible aux anciens médecins, d'accorder beaucoup de valeur aux résultats de l'exploration d'un organe qu'ils n'atteignaient pas et dont ils ne pouvaient apprécier l'intégrité ou la vie que par la palpation. Les observations recueillies chez l'homme et les résultats de nombreuses expériences sur les animaux prouvent incontestablement que la vie existe là où l'on perçoit les battements et les bruits du cœur, tandis qu'au contraire la mort coïncide toujours avec leur cessation. Depuis les recherches de M. Bouchut, il faut reformer les notions de la syncope dans laquelle, dit-on, les battements du cœur sont suspendus; il n'en est rien. Ils persistent encore; mais ils peuvent n'être perceptibles qu'à l'auscultation. Lorsque la syncope est complète, les pulsations du cœur sont très faibles et très sourdes, elles sont ralenties et se répètent à des intervalles inégaux; on n'entend plus qu'un simple battement toutes les deux ou trois secondes; mais enfin ce mouvement existe, et il empêchera toujours de prendre l'état de mort apparente dans la syncope pour la mort réelle. Il en est de même dans les affections nerveuses qui parfois donnent lieu à des phénomènes pouvant, à la rigueur, simuler la mort. Les expériences sur les animaux ont fourni le même résultat. Quand, chez eux, on détermine par la soustraction du sang les symptômes de la mort apparente par syncope, on arrive à diminuer le nombre et la force des battements du cœur, mais on ne peut réussir à les suspendre et à faire disparaître leurs bruits sans occasionner la

rieure suffit-il, la plupart du temps, pour frapper d'inertie les ressorts de la machine et amener la mort (1).

CHAPITRE III.

Des variétés chez les animaux et dans l'espèce humaine.

Après avoir tracé l'histoire du développement de la vie individuelle, nous sommes conduit à contempler les formes générales auxquelles les individus se rapportent comme types d'espèces, de sorte qu'en terminant la physiologie spéciale, nous nous trouvons ramené aux considérations dont nous avions interrompu le fil en traitant de la physiologie générale, dans les Prolégomènes. Les races des animaux et des végétaux changent au milieu des conditions variées à l'influence desquelles elles sont exposées dans leur distribution sur la surface du globe; mais les modifications qu'elles éprouvent ne dépassent jamais les limites assignées aux espèces; elles se propagent seulement, comme types de variétés, par les générations successives des êtres organisés. C'est par l'étude de ces phénomènes que je terminerai mon Manuel.

Un point important ici, c'est de bien déterminer tout d'abord l'idée qu'on doit attacher aux mots *espèce* et *variété*.

L'espèce est une forme de vie, représentée par des individus, qui reparaît dans les produits de la génération, avec certains caractères inaliénables, et qui se reproduit constamment par la procréation d'individus similaires. Cette dernière circonstance distingue l'espèce des formes hybrides ou bâtardes. La possibilité, pour une forme de vie que la génération a procréée, de contracter une union productive avec une autre, n'est pas un caractère exclusif de l'espèce, et n'autorise point à conclure que les individus qui s'unissent ainsi font partie d'une même espèce, car des individus, appartenant à deux espèces différentes, comme le chien et le loup, le cheval et l'âne, etc., peuvent quelquefois produire ensemble, ce qui donne lieu à des bâtards. Le type générique, représenté par des espèces et des individus, est seul incapable de comporter une union féconde entre ces individus et ceux qui font partie d'un autre type générique; mais les hybrides, dont la production est déjà rendue difficile par la répugnance naturelle que des individus d'espèce différente éprouvent à s'unir ensemble, ne sont plus aptes à maintenir leurs caractères en se mêlant avec leurs semblables. Ces sortes d'union demeurent stériles, ou, si

mort. Dans ce qu'on appelle léthargie, c'est-à-dire dans les divers états de sommeil qui offrent toutes les apparences de la mort, dans le sommeil épileptique, dans le sommeil produit par le froid et dans l'état de torpeur extrême des animaux hibernants, les battements du cœur ne cessent pas de se faire entendre.

En résumé, quand l'auscultation pratiquée sur tous les points où les bruits cardiaques peuvent être naturellement ou accidentellement entendus, témoigne pendant quatre ou cinq minutes que ces bruits sont éteints, la mort est définitive, et ce signe en est la preuve certaine, preuve qu'il est toujours facile d'acquérir. É. L.

(1) Burdach, *Traité de physiologie*, t. V, p. 129 et suiv.

parfois elles sont fécondes, comme dans le cas d'union d'un bâtard avec l'une des deux espèces pures qui ont contribué à lui donner naissance, le produit revient au type de l'une ou de l'autre espèce. La reproduction constante du même type ou de la même forme de vie, par l'accouplement avec son semblable, est donc le caractère essentiel et inaliénable de l'espèce (1).

Les variétés sont des formes représentées par des individus, mais qui rentrent dans la définition de l'espèce. Les individus qui s'y rapportent peuvent procréer entre eux et avec d'autres variétés de la même espèce. Des individus appartenant à des genres différents ne sont pas capables d'union féconde ; ceux d'espèces différentes d'un même genre le sont ; mais leurs produits ne sauraient se reproduire. La même chose a lieu pour les variétés. Une race née du mélange de deux races se propage par son union avec son semblable, tandis que, quand elle s'unit avec les races qui ont concouru à la produire, elle revient, au bout de plusieurs générations, au type d'une de ces dernières. Ces caractères suffisent pour distinguer la variété, qui prend le nom de *race* lorsqu'elle devient permanente. Cependant, on peut s'y prendre d'une autre manière encore pour la définir et la distinguer de l'espèce. L'espèce n'est point capable de se rapprocher du caractère d'une autre espèce, ni moins encore de se transformer en une autre. Quand des formes animales passent de l'une à l'autre par une transition graduelle, les zoologistes ne peuvent point les regarder comme des espèces distinctes. Il en est autrement d'une variété. Les individus productifs similaires d'une variété, d'une race déterminée, possèdent les qualités essentielles de l'espèce, ce qui fait qu'il y a toujours en eux possibilité éloignée de produire toutes les autres variétés de la même espèce, en supposant que les conditions internes et externes persistent pendant une longue série de générations. Mais, à l'égard des espèces, il n'y a pas la moindre possibilité que l'une d'elles soit produite par d'autres. D'après ce qui se passe aujourd'hui dans le règne animal, nous sommes en droit de penser qu'elles ont été créées chacune à part, et indépendamment les unes des autres. Au contraire, en ce qui regarde les variétés d'une espèce quelconque, il nous suffit, pour les expliquer, d'admettre l'union de deux individus faisant partie de cette espèce, et la persistance, pendant un certain nombre de générations, de circonstances extérieures exerçant une influence modificatrice. L'espèce, quoique représentée aussi par deux individus semblables qui procréent en s'unissant ensemble, possède par elle-même l'aptitude à se reproduire, en ce sens que c'est elle-même qui, sous l'empire des conditions internes ou externes, détermine la production de variétés dont les particularités différentielles ne s'écartent pas des limites assignées à ses propres caractères.

Les causes qui font naître des variétés dans une espèce sont, les unes intérieures et fondées sur l'organisme lui-même, les autres extérieures, comme la nourriture, l'élévation au-dessus du niveau de la mer, le climat. Chaque espèce, végétale ou animale, renferme en elle-même, et indépendamment de toute influence extérieure, un certain cercle de variations. C'est à cette circonstance que tiennent toutes les formes différentes qui peuvent procéder d'un seul et même

(1) *Cons.*, pour les faits relatifs à ce point de doctrine, RUDOLPHI, *Beitrage zur Anthropologie und allgemeine Naturgeschichte*. Berlin, 1812. — PRICHARD, *Hist. nat. de l'homme*, trad. par F. Roulin. Paris, 1843, t. I, p. 10 et suiv.

acte générateur. Chaque individu d'une espèce a en soi la possibilité de produire telle ou telle partie de ce cercle de variations, car il n'est pas tenu d'engendrer des êtres qui aient une parfaite ressemblance avec lui, et, s'il procrée, c'est toujours sous l'empire des lois qui régissent l'espèce en général. Ainsi, les enfants nés d'un même mariage peuvent être, les uns blonds et les autres noirs, ceux-ci élancés et sveltes, ceux-là forts et trapus, tous, en un mot, différents de tempérament et de traits. Les variétés qui procèdent le plus ordinairement de causes internes sont celles à cheveux blonds et à cheveux noirs. On rencontre quelques personnes blondes chez les races dont la plupart des individus ont les cheveux noirs, tels que les Mongols; et Prichard cite même plusieurs exemples de nègres à cheveux clairs, qui n'étaient pas, pour cela, des albinos.

Il est vrai que ces variations dépendent en grande partie d'une différence qui existe entre les parents au point de vue de la complexion, ou de ce que l'un d'eux exerce une influence prépondérante sur les produits de leur union. Mais personne n'ignore que les individus mêmes qui se ressemblent le plus, eu égard à la complexion, procréent néanmoins des enfants qui diffèrent les uns des autres quant aux formes et aux aptitudes. L'union de ces variétés entre elles n'en perpétue point les formes, ne les convertit pas en des types permanents; mais il est facile de concevoir quelles conditions il faut pour arriver à ce résultat, indépendamment du climat, de la nourriture et de la localité. Plus les unions se répètent entre des individus semblables, sans mélange étranger, plus le type auquel appartiennent les parents se maintient longtemps. Il peut, de cette manière, et en dehors de toute influence extérieure, se produire une race persistante, qui rentre dans le cercle des variations possibles de l'espèce, c'est-à-dire qui fasse partie du nombre de celles auxquelles des causes intérieures ont le pouvoir de donner naissance. Qu'on suppose un mariage dans lequel les conjoints aient entre eux la plus grande ressemblance possible, et qu'on admette que les enfants qui naîtront de là s'uniront toujours entre eux, que les alliances ne sortiront jamais de la même famille, on aura une race dont les membres, malgré toutes les différences individuelles possibles, seront dominés d'une manière durable par le type de ceux qui leur ont servi primitivement de souche. Quelquefois même, quand le type est parvenu à se fixer dans une famille par une longue série de générations, le mélange avec un type étranger ne suffit pas pour l'effacer, et le nouvel élément se trouve absorbé par les anciens. Voilà sans doute pourquoi certaines maisons princières conservent si remarquablement un type de famille, malgré les alliances qu'elles contractent avec d'autres. On vient de voir qu'une famille isolée, et dont les membres ne s'uniraient jamais qu'entre eux, finirait par produire une nation ou une tribu douée de caractères particuliers. Or, l'histoire nous apprend que le type des nations peut se conserver pendant des milliers d'années, au milieu de la diversité infinie des variations individuelles. Les Juifs en fournissent un exemple bien connu; le type qui les distingue ne s'altère pas, malgré même l'influence des climats les plus divers, dont chacun cependant détermine des modifications particulières de forme et de complexion.

La procréation par des individus similaires n'influe pas seulement sur la configuration, sur les caractères physiques des variétés dont elle devient la source; elle peut aussi transmettre les facultés que les individus acquièrent par l'éducation. Les

aptitudes [illegible]es du chien de chasse, du chien de berger, du mâtin, etc., sont assurément comprises toutes dans la notion générale de l'espèce, et il est probable que la progéniture d'un seul chien sauvage, ou les générations dont elle deviendrait la tige, fourniraient, en raison de la tendance aux variations, inhérente à l'espèce, des individus qui, apprivoisés, montreraient des talents divers, celui-ci pour chasser, celui-là pour surveiller les troupeaux ou les propriétés. Mais l'éducation fait aussi acquérir des facultés qui se transmettent par voie de génération, lorsqu'on a soin d'apparier les individus qui en sont doués.

Les influences extérieures ont aussi le pouvoir de faire naître des variétés. Plus elles agissent longtemps, plus la variété devient constante et prend le caractère de type. Parmi ces causes se range le climat. La température influe beaucoup sur le pelage des animaux. On sait que la plupart d'entre eux ont deux sortes de poils, les uns longs et roides, les autres plus courts et laineux. Plus les brebis avancent vers le nord, plus la proportion entre ces deux sortes de poils se rapproche de l'égalité. Chez celles, au contraire, qui habitent les pays chauds, la laine augmente aux dépens de la jarre; la preuve en est fournie par les mérinos des montagnes d'Espagne. Le climat modifie aussi les formes et la taille des animaux. Les bêtes à cornes des zones tempérées de l'Europe, par exemple de la Hollande et de l'Angleterre, deviennent beaucoup plus petites au bout d'un certain nombre de générations lorsqu'on les transporte aux Indes orientales (1). De même la peau du bétail qu'on a introduit en Amérique a subi peu à peu des changements tels que les cuirs du Brésil passent aujourd'hui pour les meilleurs qu'on connaisse. Le cochon d'Inde, qui est gris dans son pays natal, s'est converti parmi nous en une variété tachetée de rouge, de noir et de blanc. L'élévation du sol au-dessus du niveau de la mer exerce aussi, sur les formes des animaux, une influence indépendante du degré de latitude. Suivant Sturm, le cochon acquiert ses plus grandes dimensions dans les contrées basses; il a un corps long et aplati, porté sur de petites pattes, comme dans la Frise orientale. Plus son habitation est élevée, plus son corps devient petit et trapu. Sa tête est moins longue et moins pointue, son col plus court et plus épais, son train de derrière plus arrondi. La nourriture modifie également la forme et la nutrition. Le bétail de la Hollande, de la Frise orientale et du Holstein se fait remarquer par sa taille et l'abondance de son lait, tandis que celui de la pauvre Islande est inférieur en ces deux qualités.

Un concours de conditions, tant externes qu'internes, dont il serait impossible d'assigner la nature dans chaque cas particulier, a produit les races animales actuelles, dont les plus remarquables se rencontrent chez les espèces qui sont susceptibles de se répandre le plus à la surface de la terre.

Après la configuration générale, la peau, les expansions qui la couvrent, les cornes et le tissu adipeux sont les parties dans lesquelles on observe les modifications les plus frappantes. Tantôt les oreilles s'allongent et deviennent pendantes, comme chez la brebis des Kirghiz et diverses races de chiens; tantôt les cornes manquent, comme chez les brebis anglaises, ou se contournent en spirale, comme chez celles de la Hongrie. Ici, la graisse s'accumule en une bosse dorsale (zébu);

(1) Sturm, *Ueber Racen, Kreuzung und Veredlung der landwirthschaftlichen Hausthiere.* Elberfeld, 1825, p. 51.

ailleurs c'est à la queue qu'elle s'amasse (brebis du Thibet et de Bucharie). Chez les uns, les poils se bouclent (barbet) ; chez d'autres, ils se convertissent en une laine épaisse (mérinos). Toutes ces variétés se reproduisent dans l'espèce humaine : ainsi on trouve l'allongement des nymphes et de leurs commissures, ainsi que l'accumulation de la graisse au siége des femmes houzouannas, des cheveux tantôt plats, rares ou épais, tantôt bouclés ou complétement frisés, etc.

Des variétés produites par l'influence du climat ont rarement jeté des racines assez profondes pour ne pas disparaître peu à peu dans une contrée différente, ou même y faire place à d'autres modifications. Ainsi la laine des mérinos que les Anglais ont transportés dans quelques îles de la mer du Sud, s'y est très promptement transformée en poils droits. La même chose arrive bientôt au Pérou et au Chili. Un jardinier de Naples fit venir d'Allemagne, à plusieurs reprises, des graines de chou cabus ; mais il ne put réussir à propager cette variété, et toujours il obtint ou des choux cavaliers ou des choux-fleurs. Sturm dit qu'il arrive assez souvent à l'orge céleste de se convertir en orge commune sur les bords du Rhin.

Cependant il y a aussi des variétés produites par l'influence du climat, qui se maintiennent malgré le changement de pays, pourvu que les individus qui en présentent le type ne se mêlent jamais qu'entre eux. Les races humaines en fournissent un exemple frappant.

Les races humaines (1) rentrent dans l'idée générale qu'on se fait d'une race. Ce sont des formes diverses d'une seule et même espèce, formes qui s'unissent ensemble et se propagent par voie de génération. Ce ne sont pas des espèces distinctes, puisqu'alors leurs bâtards seraient stériles. Ici, comme dans toutes les races, il n'y a que des aberrations d'un type commun, en partie dues à ce que les variations des produits d'une génération se sont maintenues par l'union con-

(1) Blumenbach, *De generis humani varietate nativa.* Gœttingue, 1795. *Decades collectionis craniorum.* Gœttingue, 1790. — Camper, *Diss. sur les différences que présentent les traits du visage chez les hommes de différents pays et de différents âges.* Utrecht, 1791. — Virey, *Hist. nat. du genre humain.* Paris, 1825. — Desmoulins, *Hist. nat. des races humaines.* Paris, 1826. — Bory-Saint-Vincent, *Essai zoologique sur le genre humain.* Paris, 1827. — Vrolik, *Considérations sur la diversité des bassins de différentes races humaines.* Amsterdam, 1826. — J.-M. Weber, *Die Lehre von den Ur-und Racenformen der Schædel und Becken des Menchen.* Dusseldorff, 1830. — R. Wagner, *Naturgeschichte des Menschen.* Kempten, 1831. — Van der Hoeven, dans *Tijdschrift voor naturlijke geschiedenis*, t. I-IV. — Broc, *Essai sur les races humaines.* Paris, 1836. — E. Sandifort, *Tabula craniorum diversarum nationum*, Leyde, 1838. — T.-L. M' Kenney et J. Hall, *History of the Indian tribes of North America.* Philadelphie, 1838-1842, 3 vol. in-fol. — J.-C. Prichard, *Researches in to the physical history of mankind.* London, 1837-1844, 5 vol. — J.-C. Prichard, *Histoire naturelle de l'homme*, trad. de l'anglais, par F. Roulin, Paris, 1843. — A. Hueck, *De craniis Etonum comm. anthrop.* Dorpat, 1839. — D'Orbigny, *L'homme américain considéré sous les rapports physiques et moraux.* Paris, 1840. — Morton, *Crania americana.* Boston, 1840. — Morton, *Crania ægyptiaca.* Boston, 1843. — *Mémoire de la Société ethnographique.* Paris, 1842-1845. — F.-L. Maupied, *Essai sur l'origine des principaux peuples anciens.* Paris, 1844. — J.-J. D'Omalius d'Hallov, *Des races humaines ou Éléments d'ethnographie.* Paris, 1845. — P. Dupuy, *Essai historique sur les races anciennes et modernes de l'Afrique septentrionale.* Paris, 1845. — E. Desalles, *Histoire générale des races humaines ou Philosophie ethnographique.* Paris, 1849, in-12. — T. Smith, *The unity of the human races.* New-York, 1850, in-12. — R. Knox, *The races of men.* London, 1850. — R. G. Latham, *The natural history of the varieties of man.* London, 1850, in-8.

stante des formes similaires les unes avec les autres, en partie aussi occasionnées par des influences du climat, soit que l'homme ait apparu simultanément sur plusieurs points différents de la terre, soit qu'ayant pris naissance sur un seul, il ait peu à peu envahi tous les autres. Assurément quelques unes des formes extrêmes que présentent les races humaines sont du nombre des variétés que ni des causes intérieures ni des influences de climat ne produisent plus aujourd'hui dans toute leur pureté, et qui ne perdent plus leur type, en quelque lieu qu'elles soient transférées, qui le conservent même intact lorsqu'elles ne contractent pas d'alliances étrangères, car les nègres restent tels dans les pays tempérés et froids, et entre eux ils n'engendrent jamais non plus que des nègres hors de l'Afrique. De même les Européens, à cela près de leur peau, qui brunit, ne cessent pas d'être Européens dans les pays chauds. Aux mêmes latitudes, enfin, la race noire, la race blanche et la race rouge d'Amérique conservent leurs formes typiques, ainsi que leur couleur, et certaines îles de l'Australie sont peuplées d'hommes bruns et d'hommes noirs, qui tous maintiennent leurs caractères distinctifs. Cependant même ces différences de races ne sont point absolues, ni de nature telle que la prédisposition de l'espèce à varier ou l'influence du climat ne puisse quelquefois faire naître parmi d'autres races des individus qui s'en rapprochent plus ou moins. En effet, on rencontre des Européens qui ont les cheveux crépus, et parfois même presque autant que ceux des nègres. D'autres ont une face et un crâne dont la forme rappelle celle de la tête des nègres, et Weber fait remarquer, à cet égard, que, si la forme ovale du crâne prédomine chez la race européenne, celle-ci offre cependant quelquefois des crânes allongés ou carrés, qu'on peut regarder comme le résultat d'une tendance sporadique à produire le type des nègres ou des Mongols. Vrolik a répandu un grand jour sur les différences que le bassin présente dans les différentes races; il s'éloigne souvent beaucoup du type européen, surtout chez les nègres et les Boschismans, où la verticalité des os iliaques et plusieurs autres particularités le rapprochent de ce qu'il est chez les animaux. D'après les recherches de Weber, les diverses races humaines fournissent des exemples de bassins dont l'entrée est ovale, ronde, carrée, conique. Dans la race nègre, on trouve plus d'une aberration du type fondamental, par exemple, la couleur brune foncée des Hottentots et des Boschismans, les cheveux à demi crépus des Papous de l'Australie, la soudure assez commune des os propres du nez chez les Hottentots et les Boschismans, l'allongement des petites lèvres de la vulve chez leurs femmes. Quoique l'influence de la lumière et de la chaleur sur la peau varie beaucoup chez les diverses races et nations, cependant, à une certaine latitude, elle se fait sentir d'une manière bien manifeste chez tous les hommes, car jamais la peau ne manque de brunir plus ou moins dans les pays chauds. La race nègre est celle chez laquelle cette sensibilité se trouve portée au plus haut degré, puisqu'ils sont blancs pendant toute la durée de la vie embryonnaire, et qu'ils ne commencent à noircir qu'après la naissance. La peau des Européens blonds ne change point à la lumière, tandis que celle des personnes à cheveux noirs y brunit.

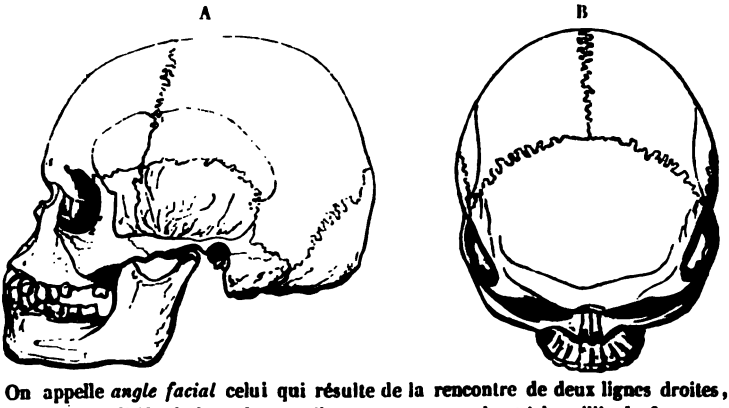
Jamais l'expérience ne pourra décider si les races humaines aujourd'hui existantes proviennent d'un seul couple primitif ou de plusieurs; mais cette question n'a pas, au point de vue théorique, l'importance qu'y attachent quelques personnes. Que les individus d'une espèce animale ou végétale aient été créés en petit

ou en grand nombre, les conditions d'où dépendent les variétés n'en étaient pas moins là pour exercer leur influence sur les individus. L'histoire démontre sans réplique que toutes les véritables races, végétales ou animales, peuvent être le résultat de l'influence exercée, pendant un laps de temps, sur les individus d'une espèce, par certaines causes, soit internes, soit externes.

Il n'y a pas moyen d'établir une classification rigoureuse des races humaines. Les formes n'ont pas partout un type également arrêté, et nul principe scientifique certain ne saurait ici, comme lorsqu'il s'agit d'espèces, présider à la délimitation des groupes. L'histoire physique du genre humain doit embrasser toutes les particularités des peuples qui maintiennent leur nationalité en évitant de se mêler avec d'autres; mais, envisagée à ce point de vue, elle est étrangère au cadre d'un manuel de physiologie. Je me contenterai donc de signaler les principales races humaines, en adoptant la classification de Blumenbach, qui l'emporte encore sur toutes les autres, parce qu'elle est plus commode.

1° *Race caucasienne.*

Peau plus ou moins blanche, avec une teinte couleur de chair, plus rarement brunâtre clair; cheveux plus ou moins ondulés, de teinte claire ou foncée; visage oval; angle facial (1) de 80 à 85 degrés; nez mince, plus ou moins arqué ou saillant; dents perpendiculaires; lèvres médiocres; menton proéminent; barbe et chevelure abondantes (2). Fig. 302.



(1) On appelle *angle facial* celui qui résulte de la rencontre de deux lignes droites, l'une menée du méat auditif à la base du nez, l'autre tangente en haut à la saillie du front, et en bas à la partie la plus proéminente de la mâchoire supérieure. Cet angle est toujours plus grand chez les enfants que chez les adultes, particularité qu'on retrouve aussi chez les singes. Son ouverture est proportionnée à la prédominance relative du crâne sur les organes des sens et la charpente osseuse de l'appareil masticateur. Les artistes de l'antiquité l'exagéraient au point de le rendre droit ou même obtus, de manière que, à cet égard, ils attribuaient à l'adulte la conformation propre à l'enfance. Suivant Tiedemann (*Das Hirn des Negers mit dem des Europœers und Orang-Utangs verglichen*, Heidelberg, 1837), la capacité du crâne est la même dans les différentes races humaines, malgré les différences que cette boîte peut offrir à l'extérieur. — *Comp.*, à ce sujet, Van der Hoeven, dans *Tijdschrift voor natuurlijke Geschiedenis*, t. VI, 1, 1840, qui combat l'assertion de Tiedemann, en établissant que, d'après les observations faites sur 186 crânes de la race caucasique et 70 de nègres, les premiers ont, terme moyen, une capacité de 39 onces 5 gros et 36 grains; les autres, de 37 onces 6 gros et 24 grains seulement.

(2) La figure 302 représente en A un crâne d'Européen, vu de côté; en B le même, vu de haut en bas.

Blumenbach rapporte à cette race les Européens (à l'exception des Lapons et des Finnois), les habitants du nord de l'Afrique et ceux des contrées orientales de l'Asie jusqu'à l'Obi, au Gange et à la mer Caspienne.

Fig. 303 (1).

Fig. 304.

2° *Race mongole.*

Peau jaune; cheveux plats, noirs, rares; face large et aplatie, dont la région malaire est la plus large; glabelle large et plate; nez court, large, peu saillant; paupières fendues obliquement; yeux très écartés.

A cette race appartiennent tous les autres Asiatiques (à l'exception des Malais), en Europe les Lapons et les Finnois, dans le nord de l'Amérique les Esquimaux et les Groënlandais.

Fig. 305.

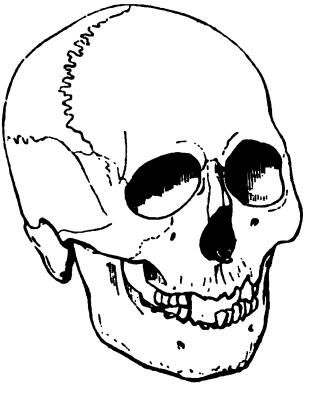


Fig. 306.

(1) La figure 303 représente un crâne de Grec moderne; — figure 304, Tête de l'Apollon du Belvédère; — figure 305, crâne d'un Kirghis; — figure 306, crâne d'un Cosaque du Don, tous deux d'après Blumenbach.

Fig. 307 (1).

Fig. 308.

Fig. 309.

(1) La figure 307 représente un crâne de Tartare, vu par le haut; — figure 308, portrait d'un Kalmouk, Féodor Ivanovitsch, peintre assez célèbre à Rome; — figure 309, portrait d'un Japonais, Kotsching-Dschang.

3° *Race américaine.*

Peau cuivrée, brunâtre ; cheveux noirs, plats et rares ; barbe peu abondante ;

Fig. 310 (1).

Fig. 311.

nez plus ou moins saillant. Tous les autres caractères qu'on assigne à cette race sont inconstants.

Elle comprend le reste des peuplades américaines.

Fig. 312.

Fig. 313.

(1) La figure 310 représente le crâne d'un Patagon ; — figure 311, crâne d'un Péruvien, présumé de la race Quichua, qui a été trouvé dans les ruines d'un ancien temple, au Pérou ; — figure 312, crâne, vu de haut en bas, d'un ancien Péruvien, trouvé près de Titicaca ; — figure 313, portrait d'un guerrier de la nation des Kouzas.

Fig. 314 (1).

Race éthiopienne.

u noire, ou d'un brun tirant sur le noir ; cheveux courts, la plupart du temps noirs, crépus ; crâne étroit et long ; front fuyant en arrière ; mâchoire supé- saillante ; menton rentré ; dents obliques ; nez petit et écrasé ; angle facial à 75 degrés ; lèvres épaisses.

te race se compose des nègres d'Afrique et de ceux de la Nouvelle-Hollande l'archipel Indien, appelés aussi Papous.

Fig. 315.

A B

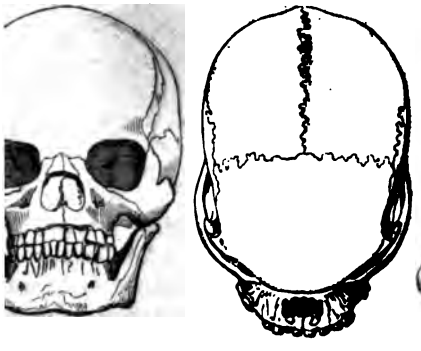


Fig. 316.

La figure 314 représente le portrait d'un Patagon ; — figure 315 : A, la tête d'un nègre, vue ; en B, la même, vue de haut en bas ; — figure 316, tête d'un naturel de la Côte-d'Or.

5° *Race malaise.*

Peau brune ; cheveux abondants, noirs, bouclés ; crâne médiocrement étroit; front bombé ; nez large et camard ; lèvres épaisses ; bouche grande.

Cette race comprend les Malais de la presqu'île de Malacca, et les insulaires bruns de la mer du Sud, des Moluques, des Philippines, des îles Mariannes.

Il serait incontestablement plus conforme à la nature de considérer ces races comme les extrêmes des formes constantes assignables aux variétés de l'espèce humaine, que de chercher à y faire entrer tous les peuples de la terre, chose impraticable, et que la science ne réclame point. En effet, toutes les fois qu'on essaie de réaliser ce projet, on se trouve inévitablement conduit à l'arbitraire. Les nations tatares et finnoises n'appartiennent réellement ni à la race mongole ni à la race caucasienne, et rien n'autorise à les ranger plutôt dans l'une que dans l'autre. Il en est de même des Papous et des Alfourous, eu égard aux Malais et aux nègres. Parmi les insulaires de l'océan Pacifique, on en peut distinguer de noirs, de bruns et même de blancs; du moins y a-t-il des hommes blancs et des hommes jaunes dans les îles de la Société. On ne peut pas songer à comprendre les premiers dans la race caucasienne, pas plus qu'il ne serait permis d'attribuer à cette der-

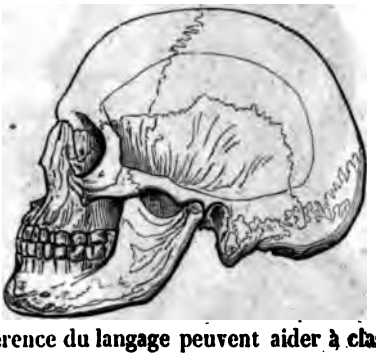
Fig. 317 (1).

nière les Guiacas parmi les Américains, à cause de leur couleur presque blanche. Ces variétés semblent s'être produites à peu près de la même manière que les variétés blonde et brune parmi les Européens. On se demande également si les Papous et les Alfourous ne sont pas étrangers aux nègres d'Afrique, quant à leur origine, et si ces races noires de l'archipel Indien ne tiennent pas de plus près à

(1) La figure 317 représente le portrait d'un Cafre mozambique.

la race brune des Malais, de manière qu'il y aurait dans la race malaise des hommes noirs et des hommes bruns, comme la race éthiopienne en présente de noirs dans les nègres proprement dits, et de bruns dans les habitants de l'Afrique septentrionale. Il n'y a pas nécessité de faire provenir les uns des autres tous les peuples blancs, bruns ou noirs, qui existent sur la terre ; et, puisqu'un type quelconque peut varier, on conçoit très bien que la nature réalise les mêmes formes, ou à peu près, chez les nations qui n'ont jamais communiqué ensemble, du moins d'après le témoignage de l'histoire.

Fig. 318 (1).



L'analogie et la différence du langage peuvent aider à classer les peuples en un certain nombre de races. Mais ce n'est pas toujours là non plus un guide certain, car il n'est pas rare de voir des nations appartenant à une même race parler des langues qui se rapportent à des souches tout à fait différentes. Les langues s'éteignent comme les races.

Eu égard au langage, on peut distinguer en Europe et en Asie :

1° Les langues indo-européennes, le sanscrit, le persan, le grec, le latin, l'allemand, le celtique et le slave.

2° Les langues sémitiques, l'araméen, le phénicien, l'hébreu, l'arabe et l'éthiopien ou geez.

Les peuples qui parlent ces langues sont ceux qui ont l'histoire la plus étendue, et qui ont fait le plus de progrès dans la civilisation ; mais ce sont aussi ceux qui constituent la race caucasienne.

3° Les langues tschoudes : hongrois, finnois, laponais, samoïède, esthonien, livonien, permien, vogoul, ostiaque, tscheremisse, morduine, koriaque, tschutktsche, kourile. Quelques personnes y ajoutent les langues des peuples du Caucase, tels que les Géorgiens, les Tscherkesses.

4° Les langues tartares et mogoles, parlées par les Mandchoux, en Chine, les Turcs, les Ouzbecks, les Baschkirs, les Jakoutes, les Kirghis, les Kalmouks, les Tongouses, etc.

5° Les langues monosyllabiques, à écriture idéographique (Chine, Tonquin, Cochinchine) ou syllabique (Tibet, Siam, Birman). Ces langues expriment les rapports des mots entre eux, non par des inflexions terminales, mais par des intonations.

(1) La figure 318 représente la tête d'un Nouveau-Zélandais.

L'Australie est habitée tant par les Malais bruns que par les Papous et les Alfourous noirs. Les Alfourous vivent dans les parties centrales de la plupart des Molusques, des Philippines, de Madagascar et de la Nouvelle-Guinée, au nord de cette dernière contrée, dans la Nouvelle-Bretagne, la Nouvelle-Irlande, la Louisiade, à

Fig. 319 (1).

Bouka, à Santa-Cruz, dans les îles de l'Archipel de Salomon et dans l'intérieur de la Nouvelle-Hollande. On les regarde comme les habitants primitifs. Ils ont, d'après Lesson, les jambes grêles, les dents saillantes, les cheveux rudes, épais et plats, la barbe épaisse, la peau noire ou d'un brun sale. Les Papous, qui vivent sur les côtes, et qui diffèrent d'eux, leur donnent le nom d'Endamènes. Ces Papous, également d'un brun noir, qui sont répandus sur les côtes d'un grand nombre d'îles de la Malaisie, à Waigiou, Salaouati, Gummen, Battenta, me paraissent résulter du mélange des Malais avec les Alfourous ou vrais Papous. Ils ressemblent aux Madécasses. Leurs cheveux sont noirs, tant soit peu lanugineux, très touffus. Leur nez est épaté, leur front haut, leur barbe peu fournie.

Les Malais se sont étendus de Sumatra dans la presqu'île de Malacca, où l'on trouve aussi les deux couleurs chez une partie des montagnards, par exemple les Samangs et les Negritos del Monte.

On parle aux Philippines, dans les îles de la Sonde et à Madagascar, des langues qui se rapprochent du malais. Les langues de la Nouvelle-Zélande, de Taïti, des îles Sandwich, de Tonga, se ressemblent sous le point de vue du vocabulaire et de la grammaire.

(1) La figure 319 représente le portrait d'un naturel de Taïti.

En Afrique, on trouve deux nations. Les habitants du nord et du nord-est, Abyssiniens, Nubiens, Egyptiens, Berbers, se rapprochent des Indo-Européens. Ceux du reste de l'Afrique sont des nègres. Le nombre des langues est immense.

La même chose a lieu en Amérique, dont les habitants cuivrés, malgré les différences nationales des Péruviens, des Guaranis, des Araucanos, des Pampas, des Puris, des Botocudos, des Patagons, des Fuégiens, des Mexicains, des Caraïbes, des Canadiens, des Californiens, paraissent avoir tous de l'affinité les uns avec les autres, si l'on excepte les peuplades, peut-être mongoles, du nord-est.

NOTE ADDITIONNELLE SUR L'HÉRÉDITÉ. — Ce sujet n'ayant été qu'indiqué dans le *Manuel de physiologie*, j'ai puisé, pour en donner un aperçu, à l'important ouvrage de M. le docteur Prosper Lucas (1), et j'en recommande la lecture à tous ceux qui, là-dessus, voudront s'instruire à fond.

Dans la procréation, M. Lucas admet deux lois qui marchent constamment côte à côte et qui influent l'une et l'autre sur les produits. Ces lois ne sont qu'une reconnaissance distincte et générale de deux faits que l'observation fournit, à savoir que les enfants peuvent tantôt tenir par hérédité une part notable de la conformation physique et mentale des parents, et tantôt en différer profondément. C'est ainsi que, dans des familles que rien ne distingue, on voit apparaître des individus tout à fait remarquables en bien ou en mal : ceci, M. Lucas le nomme innéité. D'autres fois, et c'est le cas le plus ordinaire, des traces profondes venant des ascendants se marquent sur les descendants : ceci est l'hérédité. Dans la constitution des générations successives, ces deux faits sont primordiaux, et l'on ne sait ni pourquoi l'hérédité s'exerce, ni pourquoi, en certaines circonstances, elle fait place à l'innéité.

M. Lucas apporte un grand nombre d'exemples qui prouvent, tant pour l'espèce humaine que pour les autres espèces animales, que les produits peuvent être très différents des auteurs. Il poursuit ces différences dans la conformation physique et dans la disposition intellectuelle et morale.

Venant alors à l'hérédité, il ne lui est pas difficile de faire voir la large part qu'elle prend dans la constitution des individus. Le croisement parmi les animaux et parmi les races humaines ne laisse aucun doute à cet égard. L'hérédité suivie dans toutes ses particularités présente à examiner :

1° *Conformation extérieure.* — L'hérédité de la conformation externe peut être générale et régir également toutes les parties ; toutes peuvent en accuser au dehors l'expression, la tête, le tronc, les membres, les ongles même et les poils ; mais il n'en est aucune qui en porte une plus vive ni une plus habituelle empreinte que le visage ; elle s'y étend avec formes particulières des traits, et les grave à l'image des types originels. La régularité, l'irrégularité, les signes distinctifs, la laideur, la beauté, l'agrément des figures sont héréditaires. Il est assez fréquent que cette répétition héréditaire des traits n'apparaisse point toujours dès les premières périodes de l'existence, mais plus tard, et lorsque les enfants touchent à l'âge où les traits des parents offraient le même caractère. Les ressemblances peuvent aussi n'exister qu'un instant et ne faire pour ainsi dire que glisser sur les visages. Il est même donné d'observer quelquefois, dans ces ressemblances, des métamorphoses de l'image d'un auteur dans l'image de l'autre : les ressemblances de conformation du fils avec la mère, de la fille avec le père, peuvent s'effacer après l'adolescence, et être remplacées par celle du fils avec le père, de la fille avec la mère. L'hérédité de la taille est un fait reconnu de toute antiquité ; et cela est vrai non-seulement du corps en totalité, mais encore de ses parties. Les éleveurs célèbres que compte l'Angleterre, Bakewell, Fowler, Paget, Princeps et plusieurs autres, ont tiré un parti merveilleux de ces faits : ils sont arrivés à transporter d'une race à une autre race, ou d'un individu à ses divers produits, telle ou telle proportion de membres ou de parties. Il leur a suffi, pour arriver à ce but, de prendre d'abord le caractère physique qu'ils désiraient transmettre ; de faire [illegible] mâles et

(1) *Traité philosophique et physiologique de l'hérédité naturelle dans les états de santé et de maladie du système nerveux*, 2 vol. in-8. [illegible]

de femelles les présentant l'un et l'autre au plus haut degré possible de développement ; et, à défaut d'individus étrangers, d'allier les rares produits où ils se propagent, avec les pères ou mères, avec les frères et sœurs, procédé que les Anglais nomment *breeding in and in*. C'est la propagation suivie dans le même sang. Le docteur Dannecy, qui avait connaissance de ces résultats, a tenté de les reproduire dans d'autres espèces ; il a fait, dix années, procréer une centaine de couples de lapins, en ayant l'attention de disposer toujours les accouplements d'après des circonstances individuelles fixes et toujours les mêmes, dans certaines lignées ; et il est parvenu à obtenir ainsi une foule de conformations différentes, de monstruosités, en quelque sorte, de tout le corps ou de chacune de ses parties. Le résultat a été le même sur des pigeons, le même sur des souris, le même sur des végétaux. John Sebright en avait recueilli d'analogues, par les mêmes procédés, sur des chiens, sur des poules, enfin sur des pigeons. Cela, appliqué à l'espèce humaine, fait voir l'importance, dans l'appréciation des vices du bassin, de ne pas simplement tenir compte des proportions du bassin de la femme que l'on examine, mais des dimensions de la tête et des épaules de l'homme qu'elle peut ou doit épouser, précaution qu'on ne prend pour ainsi dire jamais, bien que la plus essentielle à prendre, pour le médecin comme pour la famille. — L'influence de l'hérédité sur la couleur est manifeste. Le croisement des noirs et des blancs en témoigne constamment. Les exemples en abondent dans le métissage des variétés blanches et des variétés noires des espèces animales ; mais il arrive aussi que le croisement n'a pas lieu, et que la couleur d'un des parents seulement est représentée dans le produit ; quand ce fait est constaté pour les animaux, la conclusion s'applique à la race humaine, où l'on voit des unions entre blancs et noirs donner naissance non pas toujours à des mulâtres, mais parfois à des enfants complétement blancs ou complétement noirs.

2° *Structure interne.* — Rien de plus positif que l'hérédité de la forme, du volume et des anomalies du système osseux : celle des proportions en tout sens, du crâne, du thorax, du bassin, de la colonne vertébrale, des moindres os du squelette, est d'une observation vulgaire ; on a constaté jusqu'à celle du nombre en plus ou en moins des vertèbres et des dents. L'appareil circulatoire, l'appareil digestif, le système musculaire, suivent, à tous ces égards, les lois de transmission des autres systèmes internes de l'organisme ; le développement, l'étendue, la configuration, la capacité, les disproportions les plus particulières des appareils spéciaux qui leur appartiennent, se transportent des pères et mères aux produits. Il existe des familles où le cœur et le calibre des principaux vaisseaux sont naturellement très considérables ; d'autres chez lesquels ils sont relativement très petits ; d'autres, où, comme l'avait constaté Corvisart, ils présentent les mêmes vices de conformation. L'expérience a depuis longtemps enseigné aux agriculteurs qui cherchent à maintenir ou à propager la blancheur de la laine, qu'ils doivent écarter avec soin du troupeau, non seulement les brebis et les béliers tachetés, mais ceux même qui le sont soit sur la langue, soit sur la voûte palatine. Il suffit d'un bélier taché de noir sur la langue pour produire des agneaux tachés de noir sur le dos ou partout ailleurs.

3° *Hérédité relative aux éléments fluides de l'organisation.* — Un des plus remarquables cas de cette sorte d'hérédité est la tendance aux hémorrhagies qui se manifestent dans certaines familles. Un grand nombre d'observations sont consignées dans les recueils ; et M. Lucas en signale quelques unes. Le docteur Laborie a vu, chez un malade de la Pitié, les chocs les plus légers produire des ecchymoses et plusieurs fois des hémorrhagies graves ; plusieurs enfants de la famille étaient morts de pareils accidents provoqués par des causes incapables d'entraîner, sans prédisposition, de tels résultats. Muller, d'Edimbourg, a vu périr ainsi un jeune homme, après une légère piqûre suivie d'une perte de sang que rien ne put arrêter ; les membres de la famille qui avaient avec lui une grande ressemblance, la même couleur de cheveux, le même aspect de la peau, présentaient la même prédisposition aux hémorrhagies ; un de ses oncles, entre autres, avait des ecchymoses à la moindre pression de la peau sous un corps dur. Le suivant mérite d'être signalé, tant pour le double concours de l'innéité et de l'hérédité à sa production, que pour la marche de la propagation elle-même. Le père de la famille E. P... était en pleine vie et en parfaite santé, bien que déjà à l'âge de quatre-vingt-six ans. De son mariage étaient nés douze enfants, cinq fils et sept filles : parmi eux, quatre enfants, trois fils et une fille, moururent d'hémorrhagie. La plus jeune des filles, *qui n'avait jamais présenté de symptômes de cette prédisposition*, se marie à un homme bien portant ; elle en a six enfants, quatre garçons et deux

filles : trois des garçons périssent d'hémorrhagie ; il n'y avait point de trace qu'aucun des parents, soit du côté du père, soit du côté de la mère, ait été affecté de cette idiosyncrasie, antérieurement aux enfants d'E. P...

4° *Hérédité des modes de développement.* — Il est des familles qui ont des époques fixes pour leur développement. Tantôt c'est à la deuxième dentition ou à la puberté ; tantôt c'est par secousses en quelque sorte partielles, mais soutenues, vers ces époques, ou par secousses brusques et qui portent de bonne heure la taille à la hauteur où elle doit arriver, que se fait le développement ; crises de la croissance dont le moment d'explosion, indépendamment de ses dangers immédiats, mérite toute l'attention des médecins par rapport aux affections chroniques dont il peut être le point de départ héréditaire. Chez certaines familles la croissance et la puberté sont précoces ; chez d'autres elles sont tardives.

5° *Hérédité des modes de reproduction.* — On a constaté l'existence de familles gémellipares. On a constaté aussi des familles où la puissance prolifique se transmettait héréditairement avec une grande intensité. A ceci il faut rattacher sans doute la disposition héréditaire à une plus grande abondance de lait. Cette faculté de donner plus ou moins de lait est transmissible, ainsi que la fécondité, *de la part des deux auteurs.* L'hérédité de l'une décide de celle de l'autre. Thaer et Girou assurent qu'il est important de choisir, pour la monte, des taureaux qui proviennent d'une bonne vache laitière.

6° *Hérédité des idiosyncrasies.* — Il est très positif qu'il y a des familles qui ne sont point sujettes à la petite vérole. Fodéré en avait un exemple continuel sous les yeux : c'était celui de sa femme et de sa famille : le père de sa femme, mort à quatre-vingt-onze ans, après une longue pratique, ne contracta jamais la petite vérole, et tenta en vain de la donner à sa fille par l'inoculation et en la faisant jouer avec des variolés ; son père et son aïeul, mort également plus qu'octogénaires, avaient été de même. Les enfants de Fodéré ne jouirent pas de cette immunité.

7° *Hérédité de la durée de la vie.* — Il n'est pas permis de révoquer en doute l'action de l'hérédité sur la durée de la vie à courte période. Dans certaines familles, une mort précoce est si ordinaire, qu'il n'y a qu'un petit nombre d'individus qui puissent s'y soustraire à force de précautions. Dans la famille Turgot, on ne dépassait guère l'âge de cinquante ans, et l'homme qui en a fait la célébrité, voyant approcher cette époque fatale, malgré toute l'apparence d'une bonne santé et d'une grande vigueur de tempérament, fit observer un jour qu'il était temps pour lui de mettre ordre à ses affaires et d'achever un travail qu'il avait commencé, parce que l'âge de durée dans sa famille était près de finir ; il mourut en effet à cinquante-trois ans. L'action de l'hérédité n'est pas moins énergique sur la durée de la vie à période ordinaire ; l'expectative la mieux fondée d'une longue vie est celle qui repose sur la descendance d'une famille où l'on est parvenu à un âge avancé ; Rush dit n'avoir pas connu d'octogénaire dans la famille duquel il n'y eût des exemples fréquents de longévité. A ce propos M. Lucas examine la durée de la vie humaine. Il faut d'abord distinguer la vie moyenne et la longévité individuelle. La vie moyenne dépend évidemment du lieu, de l'hygiène, de la civilisation ; la longévité individuelle au contraire est complétement affranchie de ces conditions ; elle se trouve dans tous les temps, dans tous les pays, dans toutes les conditions, dans toutes les races. Le cens fait sous Vespasien montra que dans une portion de l'Italie il y avait 65 centenaires. En France, on compte annuellement environ 170 centenaires ; en Angleterre, 1 centenaire sur 3,100 individus. Tout démontre que la macrobie tient à une puissance interne de la vitalité, puisque ces individus privilégiés l'apportent, en naissant, à la vie. Cette vitalité est si particulière et si profondément empreinte dans leur nature, qu'elle s'y caractérise dans tous les attributs de l'organisation. Ils ont la plupart une sorte d'immunité contre les maladies. C'est la vie tout entière, avec tous ses dons et toutes ses facultés qui persistent chez eux ; leurs fonctions sensoriales, leurs fonctions affectives, leurs fonctions mentales, leurs fonctions motrices, leurs fonctions sexuelles, tout s'accomplit, dans ces organisations, avec une énergie, une régularité, une persistance incompréhensibles.

8° *Hérédité des anomalies de l'organisation.* — M. Lucas a rassemblé nombre de cas qui prouvent la transmission héréditaire du bec-de-lièvre, de l'hypospadias, des doigts surnuméraires, etc. Ces phénomènes sont très intéressants, parce qu'ils montrent irréfragablement que le type individuel est transmissible par la voie séminale ; et dès lors on peut conclure avec sûreté à des phénomènes moins apparents.

9° *Transmission de la nature morale.* — Étant bien établi que la conformation physique est héréditaire, on sera porté à conclure que la disposition morale l'est aussi. M. Lucas a recherché soigneusement les témoignages de cette transmission. Il distingue la nature morale : en sensations, sentiments, intelligence et mouvements. Quant aux sens, on voit dans son livre une collection curieuse de faits où, soit chez les animaux, soit chez l'homme, les qualités des organes sensoriaux, en bien ou en mal, se transmettent des parents aux enfants. L'hérédité propre aux sentiments se constate par des observations de même genre. La part qui procède de la race n'est pas contestable; quelque opinion qu'on ait sur l'origine des races, et quelque théorie qu'on adopte sur leur diversité, on ne peut nier que ce qu'il existe de distinctif en elles et de primitif dans leur mode de sentir, ne se propage avec elles. Les observations ethnologiques l'attestent : elles prouvent la transmission de tous les traits qui composent, chez les différents peuples, le *caractère national*. Reste la question de la part qui vient de la famille. Pour tout observateur impartial, au milieu du conflit des systèmes, elle n'est pas moins nettement tranchée par l'expérience. Ici les expériences depuis longtemps instituées pour l'élève du cheval, et les qualités qu'on a besoin de produire en cet animal afin d'en obtenir différents services, ont prouvé péremptoirement la transmissibilité des instincts bons ou mauvais. Aussi les éleveurs ont-ils soin de constater le caractère des étalons et des juments employés à la reproduction. Ces faits sont très importants en vue de l'homme, car ils tendent à dégager la preuve expérimentale à son égard d'une série d'objections dont on a poussé l'abus jusqu'à l'absurde. Telle est l'explication des ressemblances morales du type individuel, dans le sein des familles, par l'identité de l'éducation, par l'empire de l'exemple, la force de l'habitude et l'influence de toutes les causes extérieures, etc. On suppose assez communément, dit Girou de Buzareingues, et J.-J. Rousseau ne s'est pas préservé de cette erreur, que les enfants naissent sans penchants et qu'un même système d'éducation peut convenir à tous; il est cependant vrai que nous naissons avec les habitudes, comme avec le tempérament de ceux à qui nous devons la vie. Vient ensuite l'hérédité de l'intelligence : on n'a, dit Malebranche, que trop d'exemples de la transmission du défaut d'intelligence, et tout le monde sait assez qu'il y a des familles entières qui sont affligées de grandes faiblesses d'imagination qu'elles ont héritées de leurs parents. On remarque souvent, dit Spurzheim, que certaines facultés mentales dominent dans des familles entières. Pour moi, je regarde comme une des plus grandes preuves de l'hérédité mentale un fait que le contact entre les peuples civilisés et les peuples barbares a mis en lumière : c'est l'impossibilité où les peuples barbares sont d'arriver au niveau des peuples civilisés de plein saut et sans passer par l'hérédité. Quelque effort que l'on fasse, deux états inégaux de civilisation ne peuvent s'assimiler tout d'un coup ; toujours il faut du temps et plusieurs générations pour que les hommes moins cultivés puissent recevoir et comprendre les notions des hommes plus civilisés. L'hérédité, qui agit activement pour maintenir les nations civilisées à leur point et pour leur permettre de s'avancer au delà, l'hérédité s'oppose d'abord à l'infusion des nouvelles idées dans une population sauvage, et puis concourt à la modification des esprits. Mais c'est ce rôle nécessaire de l'hérédité qui exige tant de temps pour que les hommes sauvages se transforment. Reste enfin l'hérédité par rapport à la locomotion et à la voix. Ici les chevaux fournissent des exemples authentiques; on sait avec quelle exactitude les descendances des chevaux de sang sont enregistrées; et les bons coureurs transmettent leur qualité à leurs produits.

Résumant toutes ces recherches, M. Lucas établit que ni ceux qui ont soutenu que l'hérédité n'avait aucune part dans la reproduction des êtres, ni ceux qui ont soutenu qu'elle y avait toute la part, ne peuvent faire prévaloir leur opinion devant la double série de faits parallèles opposés soit à l'une, soit à l'autre de ces doctrines. Il est resté prouvé que la diversité n'est, de sa nature, ni une anomalie, ni un accident, ni même une exception, mais un fait régulier, ordinaire et normal du type individuel ; qu'ainsi sa cause n'a rien de tératique et qu'aucune perturbation n'en est le principe. D'un autre côté, il est resté prouvé aussi qu'aucune des influences accidentelles de la génération ne donne l'explication de l'uniformité héréditaire qui s'y déploie, et qu'aucune n'en contient le principe. M. Lucas part de là pour comparer la procréation à la création ; et, de même que la nature a créé primordialement les espèces qui se ressemblent mais qui diffèrent, de même, dans le sein des espèces, elle crée incessamment des êtres qui ressemblent à leurs parents et qui en diffèrent. A ce point de vue, la génération des individus reproduit le même phénomène que la génération primitive des espèces.

Entrant dès lors plus avant dans l'examen de l'hérédité, M. Lucas la suit dans les auteurs immédiats, le père et la mère, ou hérédité directe; dans les collatéraux, ou hérédité indirecte; dans les auteurs médiats, les ascendants du père et de la mère, ou hérédité en retour; dans les conjoints antérieurs, ou hérédité d'influence.

1° *Hérédité directe.* — M. Lucas la constate également pour le père et pour la mère; tantôt l'un tantôt l'autre des parents prédomine dans les produits; et les théories qui ont prétendu éliminer l'un au profit de l'autre ne se soutiennent pas devant les faits.

2° *Hérédité indirecte.* — Le type du père ou le type de la mère n'apparaissent pas toujours dans le type du produit. Il est des circonstances où la ressemblance au père et à la mère manque, mais où la ressemblance avec d'autres parents vient en prendre la place. On observe, en effet, entre des parents souvent fort éloignés, et tout à fait en dehors de la ligne directe, entre les oncles et les neveux, les nièces et les tantes, les cousins, les cousines, les arrière-neveux même et les arrière-cousins, des rapports saisissants de conformation, de figure, d'inclinations, de passions, de caractère, de facultés et même de monstruosités et de maladies.

3° *Hérédité en retour.* — Quelquefois, dit Burdach, l'hérédité transmet seulement la prédisposition à une qualité qui n'apparaît elle-même que dans la génération suivante. Cette qualité manque donc pendant une génération durant laquelle sa prédisposition demeure latente et se montre de nouveau à la génération qui suit, de manière que les enfants ressemblent non à leurs parents, mais à leurs grands parents. C'est cette condition connue sous le nom d'atavisme qui ramène des enfants blancs chez des mulâtres, ou même chez des nègres qui ont dans leurs auteurs des blancs.

4° *Hérédité d'influence.* — Ceci est, dans cette matière si curieuse, un des cas les plus curieux, à savoir la représentation des conjoints antérieurs dans la nature physique et morale du produit. C'est-à-dire que, si une femme devient veuve et se remarie, il peut arriver que les enfants nés du second mariage reproduisent des traits et des caractères du premier mari mort avant la conception. Le croisement de diverses espèces d'animaux a permis de constater ce phénomène. Un âne moucheté d'Afrique, autrement couagga, fut, en 1815, accouplé une seule fois avec une jument d'origine anglaise; de cet accouplement naquit un mulet marqué de taches comme son père. Dans le cours des années 1817, 1818 et 1823, cette même jument fut fécondée par trois étalons arabes, et, quoiqu'elle n'eût jamais, depuis 1816, revu le couagga, elle n'en donna pas moins, chaque fois, un poulain brun tacheté comme lui, et dont les taches même étaient plus marquées que celles du premier mulet. Les trois poulains offraient avec le couagga d'autres signes tout aussi frappants de ressemblance : une crinière noire, une raie longitudinale foncée sur le dos, et des bandes transversales sur le haut des jambes de devant et sur les jambes de derrière. On a vu des chiennes saillies par des chiens de race étrangère, toutes les fois qu'ensuite il leur arrivait d'être saillies par d'autres chiens, mettre bas, à chaque portée, parmi les petits de la race du dernier père qui les avait fécondées, un petit appartenant à la race du premier qui les avait couvertes.

Quelle est la part du père? Quelle est celle de la mère? Le père fournit-il la charpente et la mère le système nerveux? ou *vice versa?* Le père a-t-il la prépondérance dans la représentation ou est-ce la mère? Les croisements des animaux, et en particulier ceux du chien et du loup, ont été étudiés. De deux bâtards nés de l'accouplement d'une *louve* et d'un *chien*, chez le marquis de Spontin, le mâle, par le physique, tenait plus du chien, et, par le naturel et la voix, de la louve; tandis que la femelle, d'un extérieur semblable à celui de la louve, avait hérité du naturel doux et caressant du chien. Valmont-Bomare trouva, chez d'autres métis de ce genre qu'il eut l'occasion de voir à Chantilly, une prépondérance générale très marquée de l'espèce du loup sur l'espèce du chien. Chez d'autres bâtards nés de l'accouplement d'une *chienne* et d'un *loup*, Marsh a vu dominer, quant à la ressemblance, l'influence de la mère. Dans un cas *analogue*, Geoffroy-Saint-Hilaire a constaté, chez d'autres, la supériorité d'influence du père. Du croisement opposé, c'est-à-dire de celui de la *louve* et du *chien*, Pallas a vu sortir des métis chez lesquels dominaient les instincts indomptables de la louve; il en était de même de ceux de ces bâtards dont parle Valmont-Bomare : ils étaient tous sauvages, craintifs, farouches, hurleurs, comme les loups. En opposition avec ces derniers, Marolle en a vu d'autres empreints des instincts doux et sociables du chien; ils n'avaient de sauvage que la voracité de leur goût pour la viande. Enfin, Giron de Buzareingues a vu, dans les produits du croisement d'une *louve* avec un *chien*

braque, la prépondérance de la nature du père et de celle de la mère varier, et quant aux formes et quant aux qualités, selon le sexe des bâtards. Mais, à vrai dire, le métissage est sujet à une grave et légitime objection : il n'est que la mesure de l'action réciproque des espèces de races ou variétés croisées ; il n'est que l'expression de leur influence les unes sur les autres par la génération. Il suffit de comprendre ce caractère du métissage pour sentir à quel point il transforme et complique la question qu'on veut lui faire résoudre. Bien loin de recourir pour la comparaison entre la représentation du père et celle de la mère à aucun croisement, il faut au contraire opérer dans les conditions les plus rapprochées possibles de l'identité, c'est-à-dire mesurer la quantité d'action naturelle des deux sexes sur les représentations, au sein de chaque race, au sein de chaque espèce, et comparer ensuite d'espèce à espèce, et de race à race, les résultats produits sans sortir d'aucune d'elles. Or, dans ces conditions, que nous apprennent les faits ? Si l'on accouple des animaux de même espèce, on ne trouve point de système fixe de prépondérance d'un des sexes sur l'autre. C'est ce qu'un des plus habiles expérimentateurs en pareille matière, Girou de Buzareingues, a reconnu lui-même, et c'est la vérité. Ni l'espèce, ni la race, ni même la sexualité, en tant du moins que distincte de l'espèce, ne sont le vrai principe de la prépondérance qui se manifeste ; c'est l'individualité, c'est-à-dire la nature, l'état et l'action des deux individus procréateurs qui exerce, dans l'unité d'espèce et l'unité de race, sur la proportion des représentations du père et de la mère, une influence déterminante.

Y a-t-il croisement d'influence, c'est-à-dire le père est-il représenté dans la fille et la mère dans le fils ? Il faut d'abord déduire les caractères immédiats ou médiats qui sont propres au sexe et qui nécessairement sont transmis par l'auteur correspondant. Ainsi, tout ce qui dans le fils appartient aux organes génitaux mâles et à leurs dépendances provient du père, et tout ce qui dans la fille appartient aux organes génitaux femelles et à leurs dépendances provient de la mère. Cela déduit, voit-on la ressemblance, ou physique ou morale, suivre électivement le type du facteur dont le sexe est semblable à celui du produit ? Voit-on la ressemblance, ou physique ou morale, suivre électivement le type du facteur dont le sexe est l'opposé de celui du produit ? A ces questions voici ce que les faits répondent :

1° Le transport par *différence* et le transport par *identité* de sexe sont dans l'hérédité d'une très grande fréquence.

2° La fréquence *relative* de l'une et de l'autre marche de l'hérédité, dans l'état de science, reste indéterminée.

Ayant établi que les deux parents interviennent dans la représentation du produit, M. Lucas reconnaît qu'il y a tantôt élection, c'est-à-dire que l'un des parents imprime son cachet sur telle ou telle partie ; tantôt mélange, c'est-à-dire que le mélange, quelque part qu'il se porte, est toujours une agrégation simple et sans transformation des représentations de l'un et de l'autre facteur ; tantôt enfin combinaison, c'est-à-dire qu'il y a composition de natures dissemblables en une nouvelle nature. Ces résultats donnés par l'empirisme paraissent en contradiction avec la formule qui indique la participation égale des deux parents ; mais, pour que cette participation s'accomplisse, il faut qu'il y ait égalité dans toutes les circonstances accessoires ; et c'est de quoi n'ont pas tenu compte les auteurs qui ont pris parti dans ces difficiles questions. Les uns, en renfermant la lutte des deux auteurs dans les limites de l'espèce, n'ont fait attention ni à l'énergie relative d'organisation, ni à l'énergie relative d'âge et d'état de la vie, ni à l'énergie relative d'action et d'exaltation des deux individus. Les autres, en procédant par le métissage ou l'hybridation, ont d'abord oublié que dans tout croisement, ce ne sont point les sexes, à proprement parler, mais seulement les espèces ou les races qui luttent, et ils n'ont pas eu plus d'égard, dans le croisement et dans ses résultats, à l'inégalité de toutes les circonstances où la lutte s'établit ; ils n'ont eu égard ni à la différence de force naturelle et de rusticité, ni à la différence d'ancienneté relative, ni à la différence d'énergie érotique des espèces ou des races accouplées. Enfin, par un vice absolu d'analyse, ils ont commis la faute d'une confusion perpétuelle de l'action du père et de la mère avec l'action du nombre et du climat. Les irrégularités apparentes d'influence de l'action du père et de celle de la mère n'ont point d'autre origine. La loi d'égalité exige l'équilibre de toutes les circonstances où luttent les deux sexes, et, dans des cas sans nombre, il n'est point d'équilibre. De toute nécessité, ce défaut d'équilibre doit donc, dans les mêmes cas et par le principe même de la loi, se traduire en inégalité d'expression des auteurs. En plaçant, au contraire, dans toutes les conditions prescrites d'équilibre, deux sexes d'une même espèce et

d'une même race, plus on analyse l'action des deux sexes, plus on voit s'effacer les traces accidentelles de toute prépondérance d'un des sexes sur l'autre, et plus on voit reparaître, en dehors des caractères médiats et immédiats de la sexualité, une moyenne générale de représentation du père et de la mère.

Je reviens sur l'influence du nombre et du climat dans l'hérédité; car ce point est important à signaler. Le premier principe est que, toutes les autres chances étant supposées égales entre deux races croisées, quel que soit le sexe qui les personnifie dans la génération, la race représentée par le plus grand nombre doit dominer d'abord et bientôt absorber la race représentée par le plus petit nombre. Le deuxième principe est que : toutes les autres chances étant supposées les mêmes, non pas entre deux espèces, ni entre deux variétés premières d'une même espèce, mais entre deux races croisées, et quel que soit le sexe qui les personnifie dans la génération, la race, à nombre égal, qui garde l'avantage de lutter sur le sol dont elle est le produit, qui représente, en un mot, le climat indigène, doit d'abord dominer et bientôt absorber la race qui représente le climat exotique. Ainsi, supposez des nègres hommes ou femmes venant dans une nation blanche et s'alliant, ou des blancs hommes ou femmes venant dans une nation noire et s'alliant, au bout d'un certain temps toutes les traces du nègre ou du blanc auront disparu. Le climat exerce une influence analogue au nombre, et tend à ramener les étrangers au type indigène.

Maintenant quelle est la part des auteurs au sexe du produit? Suivant M. Lucas, le sexe est transmis par l'auteur correspondant, et ce qui détermine cette élection, c'est la prépondérance actuelle de la sexualité de l'un sur la sexualité de l'autre.

Les êtres vivants sont dans une perpétuelle modification entre certaines limites. Les diverses espèces soumises à toutes sortes d'influence, le climat, la nourriture, la domestication, la civilisation, varient constamment; et dans cette variation intervient ce que M. Lucas nomme la loi d'innéité. 1° Toutes les espèces n'ont point la même aptitude, ou, si l'on veut, la même élasticité de variation graduelle, sous l'action immédiate des causes et des agents de modification. L'espèce du lièvre, chez les animaux, est beaucoup moins variable que celle du lapin; l'espèce de la chèvre l'est aussi beaucoup moins, sous l'action extérieure des mêmes circonstances que celle de la brebis; l'espèce du chat, moins que celle du chien; l'espèce de l'âne, moins que celle du cheval; celle-ci compte, pour ainsi dire, autant de races que de lieux d'acclimatation, que de genres d'exercice ou de nourriture; la nature opiniâtre de celle-là a résisté jusqu'à changer, à peine, même dans les conditions de servitude la plus dure; elle résiste également aux plus mauvais traitements, à l'action de climat, de l'alimentation, des habitudes de vie. Plus tenaces encore et plus immuables, d'autres espèces, en grand nombre, malgré tous les efforts et toutes les tentatives de domestication, si l'on peut ainsi dire, n'éprouvent aucun effet de cette cause si puissante de modification et restent toujours sauvages. 2° Toutes les espèces, même les plus variables, ne varient pas sous l'empire immédiat des mêmes causes; l'influence du climat et des localités, parmi nos animaux domestiques, s'exerce spécialement sur le cheval; celle de la nourriture sur le bœuf; celle de la domesticité sur le chien. 3° Toutes les espèces variables, sous l'empire du même ordre de causes, n'éprouvent point d'une même cause le même caractère de modification; les variations de l'espèce du mouton portent principalement sur la laine, etc.; celles du bœuf, sur la taille, sur la forme, la longueur, la brièveté ou même l'absence complète de cornes, etc.

Toutes ces modifications ainsi imprimées deviennent ensuite transmissibles par l'hérédité. J'en indiquerai un exemple remarquable, qui suffira. Dans l'espèce humaine un contraste s'observe entre le naturel des enfants nés de peuples civilisés et le naturel des enfants de peuplades ou de tribus barbares. Tandis que les premiers se plient instinctivement aux mœurs et aux usages de la société, les jeunes sauvages, à de rares exceptions près, se prêtent mal au joug de la civilisation, ou n'en prennent que les dehors et se sentent malheureux d'y être assujettis. A peine maîtres d'eux-mêmes, comme le loup et le renard enlevés jeunes au terrier, ils retournent à la vie sauvage.

Mais ce ne sont pas seulement les modifications lentement acquises, ce sont même des modifications accidentelles, des états présents ou momentanés de l'être, qui sont transmissibles par l'hérédité.

Vient enfin l'hérédité des maladies. Ici se représente la double formule qui préside à tout le livre de M. Lucas, l'innéité et la répétition. De même que dans la production des espèces, la na-

ture crée et imite, c'est-à-dire institue des genres et des espèces différentes, et cependant établit entre tous ces organismes des similitudes; de même que dans la procréation des individus, la génération crée et imite, c'est-à-dire établit en partie des caractères nouveaux, en partie reproduit les caractères des auteurs; de même, dans la pathologie, il surgit aussi du nouvel être tantôt des maladies qui ont leur source dans sa propre nature et non dans celle des parents, tantôt des maladies qui proviennent de l'hérédité. Toutes les maladies peuvent appartenir à la première source; toutes aussi peuvent appartenir à la seconde.

Quelle est la durée des caractères transmis par l'hérédité? L'hérédité lutte constamment contre trois forces : 1° l'innéité, qui, à chaque production, substitue, dans le produit, aux caractères de l'un et de l'autre générateur, de nouveaux caractères; 2° la dualité des auteurs qui concourent à la représentation, où chacun a sa part, et dont chacun réduit nécessairement ainsi la répétition séminale de l'autre; 3° la diversité totale ou partielle des circonstances de la reproduction de l'être, le temps, le climat, les lieux, l'âge, l'état physique ou moral des parents, à chaque nouveau produit; 4° l'action du grand nombre sur le petit nombre. Il n'est pas en effet un seul des éléments du type individuel qui, par la succession et la diversité des personnes dont il est condamné à subir l'influence séminale, ne soit progressivement et fatalement soumis à cette loi du plus fort à laquelle ne résiste, dans la génération, aucun caractère; il se trouve, de tout point, dans les mêmes conditions que l'espèce ou la race que l'on veut méthodiquement réduire, par le croisement, à une autre race ou à une autre espèce; il lutte, comme elles, à chaque génération, avec des quantités ou des fractions de lui-même de plus en plus petites, contre des unités de plus en plus nombreuses de types différents, et il est manifeste qu'ils doivent nécessairement finir par l'absorber. Ce n'est jamais que l'affaire d'un nombre variable, sans doute, mais limité de générations. L'expérience offre même quelques éléments pour fixer cette limite. Le premier de ces éléments est le chiffre de la durée ordinaire des familles, carrière de succession de tous les éléments du type individuel. Il résulte des recherches de Benoiston de Châteauneuf, sur la durée des familles nobles de la France, c'est-à-dire des familles qui tiennent le plus à leur généalogie, et qui, pour échapper à la ruine de leur nom, n'ont reculé devant aucun moyen légal, substitution, divorce, mariages répétés deux, trois et quatre fois, en cas de stérilité ou de naissance de filles, légitimation des enfants naturels, etc.; il résulte, disons-nous, de ces recherches que, malgré l'emploi de tous ces moyens, la durée *nominale* de ces familles, en France, est, pour les plus vivaces, à peine de trois siècles. Supposons, un instant, que cette durée *nominale* soit une durée *réelle :* elle représente, au plus, quinze générations. Or il n'existe pas une seule famille où la succession d'aucun des caractères du type individuel atteigne à cette limite. Les législations prohibant, la plupart, les unions consanguines, les familles sont forcées de se croiser entre elles; elles ont donc à lutter, comme les individus, comme les variétés, comme les races qui se croisent, contre l'invincible effort de la loi du grand nombre. Les plus rebelles, parmi les dernières, ne résistent à la transformation totale qu'il détermine que pendant une douzaine de générations; la transformation, selon les races, est complète, chez d'autres, dès la sixième; chez d'autres, dès la cinquième, ou même dès la quatrième génération. D'après Ulloa, Twiss et autres observateurs, il suffit d'ordinaire de trois ou quatre générations, ainsi méthodiquement croisées, soit pour blanchir un nègre, soit pour noircir un blanc. Les Indous, si scrupuleux sur la pureté des races, font acquérir ou perdre la pureté de la caste en sept générations; et, regardant à ce degré la consanguinité réelle comme éteinte, ne font pas remonter plus haut l'interdiction du mariage entre parents. La loi romaine, enfin, admettait aux droits de l'ingénuité la descendance directe de l'affranchi de quatrième génération. Ce n'est donc pas s'écarter de la vraisemblance que de donner, pour limite ordinaire de durée, à l'hérédité de la somme des caractères du type individuel, dans le sein des familles, le nombre de générations suffisant pour réduire une race à une autre. Bomare croit que la mesure moyenne dont la nature se sert, à cette fin, dans tout le règne animal, est de quatre générations; et, si l'on considère qu'il est rare et très rare que la succession des traits originaux du génie des familles, formes, inclinations, défauts ou qualités, se propage au delà, ce sera prolonger cette mesure moyenne à sa dernière limite, en lui fixant, pour terme ordinaire, l'intervalle de la sixième à la septième génération.

On remarquera que la durée héréditaire des caractères est très différente, suivant que ces caractères sont innés ou acquis; ceux-là ont bien plus de tendance de se transmettre que ceux-ci.

Ces remarques ont une application directe au traitement de l'hérédité morbide. Ce traitement se divise en prophylactique et curatif. Les moyens de prévenir le transport séminal de la maladie dérivent nécessairement des lois et des formules de la génération; ils ne sont efficaces qu'à la condition d'emprunter leur concours et de faire réagir l'hérédité sur elle-même. Il ne peut en effet dépendre de la science, ni de changer l'essence, ni de suspendre l'action de cette force primordiale dans la procréation; mais il peut dépendre d'elle, jusqu'à un certain degré, de transformer la nature des actes qu'elle détermine, en transformant toutes les circonstances de l'union des sexes où elle opère. Celles de ces circonstances qui ont le plus d'empire rentrent dans quatre principales : la nature des parents ; la nature du temps ou de l'époque de la vie; la nature du lieu ; la nature de l'état où l'être se reproduit. Ceci a pour objet de prévenir la transmission héréditaire des maladies. Quant au traitement curatif, on soumettra l'enfant à des conditions inverses de celles qui ont causé la maladie du père et de la mère. Lorsque la maladie a éclaté, il faut la traiter comme toute autre. La seule action qui, ici, appartient en propre à l'hérédité, et dont il faille tenir compte dans ses prévisions, c'est une nature plus rebelle aux moyens de traitement et une tendance marquée à la récidive.

Ainsi, d'après M. Lucas, dans la procréation règnent deux tendances fondamentales : l'une qui crée des individualités, l'autre qui crée des hérédités. L'hérédité peut porter sur tous les caractères de l'organisme, tant au physique qu'au moral. Le père et la mère ont une égale part à la transmission, mais cette part est respectivement limitée par toutes les circonstances qui agissent sur l'un ou sur l'autre. Toutes les modifications reçues par la naissance ou même acquises depuis la naissance sont susceptibles de se transmettre; et c'est par l'application empirique de ces phénomènes qu'on parvient à créer des variétés, des races qui ont des formes et des aptitudes particulières. De la sorte, les espèces vivantes sont comprises entre deux forces, l'une qui par l'hérédité tend à immobiliser les caractères tant physiques que moraux des parents dans les enfants, l'autre qui tend sans cesse à créer des types individuels dans l'espèce. De plus, comme les individus sont soumis continuellement à des influences variables qui les modifient, ces modifications viennent s'empreindre dans les produits. De là la variabilité des individus dans le sein des espèces, variété d'autant plus grande que l'on considère des espèces soumises à plus de causes de modification. C'est ainsi que les espèces qui vivent dans l'état sauvage au milieu d'une nature qui change peu sont bien plus uniformes que celles sur qui agissent toutes les forces de la civilisation.

Tant que l'on considère ce double mouvement dans les degrés inférieurs de la hiérarchie vivante, végétaux et invertébrés, on n'y voit guère qu'une cause qui multiplie les variétés. Mais il n'en est plus de même quand on passe aux degrés supérieurs et nommément au genre humain. Ce ne sont plus seulement des variétés qui en résultent, c'est un ordre déterminé d'évolution. Sans l'hérédité l'histoire ne peut être conçue, ou, pour mieux dire, elle n'existerait pas. Ce qui se gagne par les découvertes des natures meilleures, plus actives, plus perçantes, finit par se consolider dans les autres à l'aide du travail héréditaire; et, grâce à ce travail, les peuples civilisés prennent des aptitudes, des goûts, des penchants qui d'une part les préservent des retours vers la barbarie (retours auxquels succombent parfois les individus), et d'autre part offrent une base solide à un nouveau développement d'aptitudes plus puissantes, de goûts plus délicats et de penchants mieux réglés. É. L.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Les figures que je donne sont destinées à faciliter l'intelligence de mes expériences sur la voix. En ce qui concerne les détails anatomiques, je renvoie aux ouvrages d'anatomie, savoir : pour les mammifères, aux travaux de Wolff et de Brandt; pour les oiseaux, à l'excellent travail de Savart; pour les reptiles, aux recherches de Meyer et de Henle; enfin, pour plusieurs classes, à celles de Humboldt.

Les changements que le larynx subit chez les mammifères ne se rapportent pas tous à la production de la voix, qui, dans ces animaux, a lieu d'après les mêmes lois que chez l'homme; ils sont principalement destinés à des effets de résonnance, et, à ce point de vue, n'ont pas besoin d'explication spéciale.

PLANCHE PREMIÈRE.

Fig. 1 et 1′ expliquent le chevalet antérieur et le chevalet postérieur des cordes vocales chez l'homme.

Fig. 1. αδγδ. Chevalet antérieur, cartilage thyroïde.

a. b. c. Chevalet postérieur, cartilage aryténoïde.

b. d. e. Cartilage cricoïde, sur lequel les chevalets se meuvent.

c. o. Corde vocale.

δ. Point d'appui du chevalet antérieur.

δ. o. Ligne tirée du point d'appui à l'insertion de la corde vocale qui représente le bras du levier.

Oγ. Cordon imitant le muscle thyro-aryténoïdien.

Fig. 1′. Ici les deux chevalets sont représentés par de simples lignes, qui expriment les bras du levier.

Dans les deux figures, *m*, *n* sont des muscles, les tracteurs du chevalet antérieur et du chevalet postérieur, pour la tension des cordes vocales, le crico-thyroïdien et le crico-aryténoïdien postérieur; *x*, *fig.* 1, est le ligament crico-thyroïdien élastique, qui tend également en tirant sur le chevalet antérieur.

Fig. 2. Elle représente la préparation du larynx pour les expériences dans lesquelles la tension des cordes vocales doit avoir lieu en sens horizontal, ou, plus exactement, suivant la direction de leur longueur. Les deux cartilages aryténoïdes sont liés ensemble sur une forte épingle qui les traverse, et fixés sur la colonne *f*. Cette ligature a pour but de fermer la partie postérieure de la glotte.

a. Cartilage aryténoïde (la pointe est coupée).

b. Reste du cartilage thyroïde, dont la plus grande partie a été enlevée.

c. Cartilage cricoïde.

d. Corde vocale. Tout ce qui se trouvait au-dessus d'elle a été enlevé.

e. Membrane interne du larynx ; le ligament crico-thyroïdien, situé en cet endroit, et qui met obstacle à la tension des cordes vocales dans la direction de leur longueur, doit être enlevé.

Fig. 2'. La préparation précédente, vue par le haut.

aa. Les bases des cartilages aryténoïdes, liées ensemble et fixées sur une épingle.

b. Reste du cartilage thyroïde.

c. Cartilage cricoïde.

dd. Cordes vocales.

ee. Muscles thyro-aryténoïdiens.

Fig. 3. Préparation du larynx pour les expériences dans lesquelles on emploie le cartilage thyroïde comme chevalet. Les lettres ont la même signification. Les cartilages aryténoïdes sont liés, comme à l'ordinaire. Leur partie supérieure, celle du cartilage thyroïde, et tout ce qui se trouve au-dessus des cordes vocales, a été enlevé. De cette manière, les côtés des cordes vocales sont devenus libres, et l'on peut appliquer les branches du compresseur.

Fig. 3'. La préparation précédente, vue en dessus.

aa. Bases des cartilages aryténoïdes, liées ensemble sur une épingle.

b. Cartilage thyroïde.

c. Cartilage cricoïde.

d. Cordes vocales.

e. Muscles thyro-aryténoïdiens.

Comme la paroi postérieure des cartilages aryténoïdes, dans leur position moyenne, n'est point sur le même plan que celle du cartilage cricoïde, il convient, en les fixant au poteau, de les diriger en arrière, afin que leur fixation ne détermine pas déjà une tension des ligaments de la glotte.

Pour produire les sons les plus graves de la voie humaine et amener le relâchement des cordes vocales qu'ils exigent, il est bon, non seulement que le cartilage cricoïde puisse se rapprocher des cartilages aryténoïdes, mais encore que ceux-ci puissent se porter en avant. Dans ce mouvement, leurs apophyses antérieures s'enfoncent davantage.

On conçoit que, pour les expériences sur la voix de poitrine, il faut prendre des larynx d'homme. Du reste, la différence dans la forme des larynx d'homme et de femme dépend uniquement de la longueur des cordes vocales. Ces ligaments étant plus longs chez l'homme que chez la femme, d'un tiers environ, il fallait que le chevalet antérieur, ou le cartilage thyroïde, s'évasât davantage sous la forme d'un angle. Telle est la seule cause de la saillie anguleuse qu'il présente chez l'homme. D'ailleurs, j'ai également observé, chez l'homme adulte, une grande diversité dans la longueur des cordes vocales, et même dans la largeur de la trachée.

Fig. 4. Les petits muscles du larynx, vus de haut en bas. Le cartilage thyroïde a été excisé ; il n'en reste plus que la partie *b*. Les cartilages aryténoïdes sont coupés jusqu'à leur base.

a. Apophyse antérieure du cartilage aryténoïde.

a'. Apophyse externe du même.

c. Cartilage cricoïde.

d. Cordes vocales.

e. Muscle thyro-aryténoïdien.

f. Muscle crico-aryténoïdien latéral. Il fait tourner le cartilage aryténoïde sur son axe et rapproche l'une de l'autre les apophyses antérieures des deux cartilages, afin de clore, avec le secours du muscle aryténoïdien *g*, la partie postérieure de la glotte, qui ne sert point à la voix.

Fig. 5. Appareil pour la compression latérale des ligaments de la glotte, lorsqu'on veut produire la voix de poitrine.

a. Tige à laquelle la pince *f* est fixée : c'est la tige *a* de la *fig.* 6.

b. Traverse sur laquelle la pince peut se mouvoir d'arrière en avant et d'avant en arrière, au moyen de la pièce *c*, ce qui permet de lui donner la position convenable par rapport à la longueur des cordes vocales, comme en *b* de la *fig.* 6.

d. Vis servant à fixer la pièce *c*.

e. Vis servant à fixer la tige *a*, afin de pouvoir placer la pince juste à la hauteur des cordes vocales.

f. Pince dont les branches ont cinq à six lignes de large.

Fig. 6. Appareil pour faire des expériences sur la voix avec le larynx humain.

N. Pilier servant à fixer le larynx et le compresseur *a b f*.

u. Tuyau pour souffler.

v. Manomètre qui communique avec *u*.

M. O. Piliers pour fixer les poulies x' et y'.

x. Cordon servant à tendre les cordes vocales, qu'il tire dans la direction de leur longueur ; il passe sur la poulie x'.

y. Cordon servant à détendre les cordes vocales et à les réduire au minimum de tension que le ligament crico-thyroïdien leur procure par son élasticité ; il passe sur la poulie y'.

z. Cordon pour tendre les cordes vocales, en exerçant une traction de haut en bas sur le chevalet antérieur ou le cartilage thyroïde.

Fig. 7. Compresseur à l'aide duquel on peut mesurer la position des branches *g h*, qui s'ajustent dans une rainure de la face inférieure de la pièce *a b*.

c. d. Vis servant à rapprocher et éloigner les branches *g h ;* les pas de vis marchent en sens inverse.

e. Saillie qui indique la position de la branche *g* par rapport à l'échelle *f*.

La tige à laquelle ce compresseur est fixé s'adapte à la pièce *c d e* de la *fig.* 5.

De cette manière, le compresseur peut être fixé à l'appareil de la *fig.* 6 en *b*, comme la pince de la *fig.* 5, et on lui donne la position qu'on juge nécessaire.

Fig. 8. Compresseur pour les expériences sur le larynx inférieur des perroquets. La branche *g* est fixe ; la branche *h* est mobile dans une charnière en *o*. La pièce *m o* peut avancer et reculer ; on la fixe au moyen de la vis *n*. La tige s'adapte à la pièce *c d e* de la *fig.* 5, et peut, au moyen de *c*, dans cette même figure, être fixée sur la pièce *b ; x* est un cordon servant à mouvoir la branche *h ;* il passe sur une poulie, et peut être chargé de poids.

Fig. 9. Compresseur à deux branches mobiles, pour les expériences sur la voix de poitrine avec le larynx humain. Les pièces *c d*, sur lesquelles les branches *e f* se meuvent à charnière, sont mobiles dans une fente de la pièce *a b*, et peuvent être fixées à l'aide de vis ; *g h* sont des cordons qu'on peut charger de poids, et qui meuvent les branches l'une vers l'autre.

PLANCHE DEUXIÈME.

Fig. 10. Appareils pour les expériences sur la voix de poitrine, avec compression mesurable des cordes vocales au moyen du compresseur *fig.* 9.

Fig. 11. Compresseur pour les expériences sur la voix de poitrine avec des larynx auxquels tiennent encore l'arrière-gorge, la bouche et le canal nasal. Les branches *a b* se placent sur les côtés des cordes vocales.

Fig. 12. Appareil complet pour ces expériences, avec le compresseur *fig.* 11.

a. Pharynx.

b. Hyoïde.

c. Cartilage cricoïde.

d. Reste du cartilage thyroïde, servant à fixer le cordon *e*, qui tend les cordes vocales.

Fig. 13. Larynx inférieur du *Psittacus ararauna*, vu de côté.

a. Os semi-circulaire, qui se meut en manière de valvule sur le tympan *c*.

b. Cartilage semi-circulaire inférieur.

a' b'. Membrane vocale, qui, en *x*, forme un angle en dedans.

Fig. 14. *a b*. Muscles qui tirent les bronches de bas en haut, rendent les angles en *x* plus aigus, et les rapprochent l'un de l'autre.

c. Muscles qui tirent de dedans en dehors les os semi-circulaires, rendent les angles en *x* plus obtus et dilatent la glotte.

d. Muscle de la trachée-artère.

Fig. 15. Position des parties pendant l'action des muscles *c*.

Fig. 16. Position du larynx de perroquet dans le compresseur *a b*, pour les expériences au moyen de l'appareil *fig.* 8. On souffle par la trachée-artère.

Fig. 17. Tubes de verre, dont les bouts, coupés obliquement, sont en partie couverts de baudruche.

Fig. 18. Union de ces tubes avec un tube court et plus large, pour renforcer le son.

Fig. 19. Position de deux tubes par lesquels on souffle en même temps, et dont l'un est pourvu d'une membrane vocale de baudruche.

Fig. 20. Coupe horizontale du larynx de Pipa.

a. Tambour.

b. Cartilage vocal.

c. Ouverture des bronches.

Fig. 21. Imitation du larynx de Pipa. Le tube *b* peut être introduit dans le tube *a*, qui est fermé en *d*, de manière qu'il ne reste là qu'une petite fente. A l'extrémité antérieure du tube *b*, la languette métallique *c* est fixée sur une courroie transversale; l'extrémité de cette languette s'étend jusqu'au voisinage de la fente *d*.

Fig. 22. Cartilage aryténoïde *a* de la grenouille mâle, avec la corde vocale *b*.

PLANCHE TROISIÈME.

Fig. 23 et 24. Isthme supérieur ou larynx du sapajou, qui se prolonge en un tube assez long

Fig. 23. Coupe du larynx de l'*Ateles arachnoides.*

a. Cartilage thyroïde.

b. Cartilage cricoïde.

c. Cartilage aryténoïde.

d. Épiglotte.

e. Cartilage de Wrisberg, renflé en un coussin épais. Entre *d* et *c* se trouve le canal tubuleux du larynx.

f. Corde vocale inférieure ou proprement dite. Elle a un bord supérieur très tranchant.

g. Corde vocale supérieure, située très profondément et en dehors.

Fig. 24. Larynx de l'*Ateles arachnoides*, vu de côté; la moitié du cartilage thyroïde est enlevée.

a. Cartilage thyroïde.

b. Cartilage cricoïde.

c. Cartilage aryténoïde; *c'*, l'extrémité supérieure, correspondante au cartilage de Santorini, s'unit avec celle du côté opposé, et forme la lèvre inférieure du tube.

d. Épiglotte; *d'* prolongement qu'elle envoie au cartilage aryténoïde ou de Santorini. L'épiglotte forme la lèvre supérieure du tube. Les prolongements *d'* de l'épiglotte, avec les cartilages de Santorini, forment la lèvre inférieure.

e. Masse cartilagineuse molle de Wrisberg.

f. Région des cordes vocales.

Le larynx des sapajous se distingue par cette particularité, que la cavité laryngienne s'allonge, au-dessus des ligaments inférieurs de la glotte, en un tube recourbé. Ce tube se dirige d'abord de bas en haut, puis d'avant en arrière. La paroi antérieure est formée par le cartilage thyroïde, la supérieure par l'épiglotte, la postérieure par la portion ascendante du tube, et l'inférieure de la portion transversale par les pelotes appliquées l'une contre l'autre des grands cartilages de Wrisberg. Comme ces pelotes se continuent avec le pourtour antérieur des cartilages aryténoïdes, lorsque ceux-ci se rapprochent pour clore la partie postérieure de la glotte, elles se serrent l'une contre l'autre, de manière qu'il ne reste plus à l'air d'autre passage que le long canal entre le cartilage thyroïde, l'épiglotte et les pelotes. Les lèvres du canal qui s'ouvre en arrière dans le pharynx sont, en haut l'épiglotte, en bas les extrémités réunies des cartilages aryténoïdes. On parvient aisément à allonger ce tube en y ajoutant des tubes de verre de longueur diverse. J'ai fait des expériences en ce sens; mais je n'ai produit aucun changement appréciable dans la hauteur des sons. Le long canal du larynx paraît donc avoir plutôt pour but de donner de l'éclat à la voix. En posant le doigt sur son orifice, je faisais baisser chaque son d'un semi-ton. L'intonation a lieu au moyen des dispositions ordinaires.

Quand le larynx entier était coupé en long, et qu'on dirigeait le courant d'air d'un petit tube au-devant d'une des cordes vocales, dans le sens de l'axe du larynx, on obtenait d'assez bons sons. Les cordes vocales ont leurs bords supérieurs tranchants, et parlent avec une grande facilité.

Fig. 25. Coupe longitudinale du larynx et de l'appareil à résonnance du *Mycetes ursinus.*

a. Cartilage thyroïde.

b. Cartilage cricoïde.

c. Cartilage aryténoïde; *c'* son extrémité, unie avec celle du côté opposé, pour former la lèvre inférieure de l'orifice du larynx.

d. Épiglotte. Elle forme le couvercle du canal tubuleux et recourbé du larynx, au-dessus des cordes vocales. L'extrémité *d'* forme la lèvre supérieure de l'extrémité de ce canal.

e. La grande masse molle du cartilage de Wrisberg, unie avec le cartilage aryténoïde. Elle forme une pelote qui, lorsque les cartilages aryténoïdes se rapprochent l'un de l'autre, pour clore la partie postérieure de la glotte, s'applique à la pelote du côté opposé.

d e. Canal entre l'épiglotte et la glotte.

f. Ligament inférieur de la glotte.

g. Ligament supérieur de la glotte. Il n'est pas fixé au cartilage thyroïde, mais à la racine de l'épiglotte, et fait corps avec la pelote; il forme un ruban très solide, élastique, descendant en ligne droite entre le ventricule de Morgagni et la partie médiane de la cavité laryngienne.

Le sinus entre *f* et *g* mène entre le cartilage thyroïde et les parois de la cavité médiane du larynx, dans le sac membraneux *g*, qui est le prolongement du ventricule de Morgagni.

Au-devant de la racine de l'épiglotte se trouve, entre deux ligaments qui attachent l'épiglotte au cartilage thyroïde, l'entrée *i* du sac impair *i'*, qui, en *k*, revêt la cavité de l'hyoïde *l l l*.

m. Le sac laryngé observé par Brandt. Il a son entrée au côté de l'ouverture supérieure du larynx, et fait saillie entre l'épiglotte et le cartilage thyroïde.

Fig. 26. Coupe de haut en bas à travers le larynx et les ventricules de Morgagni du *Mycetes ursinus*, suivant la ligne *x y* de la *fig.* 25. Segment postérieur. Les lettres ont la même signification que dans la figure précédente.

e e. Les pelotes appliquées l'une contre l'autre.

d e. Le canal du larynx entre l'épiglotte et les pelotes formant la paroi inférieure.

Fig. 27. Segment antérieur de la coupe précédente. Les autres ont la même signification que dans la *fig.* 25. Entre la racine de l'épiglotte *d* et le cartilage thyroïde *a*, se trouve l'entrée du sac impair de l'hyoïde *i*.

g. Continuation des ligaments supérieurs de la glotte ou des rubans élastiques qui les remplacent, avec l'épiglotte.

Les appareils de résonnance, chez les singes hurleurs, sont doubles: d'un côté, des membranes, des os et des cartilages; d'un autre côté, l'air renfermé dans ces parties. Les rubans élastiques partagent la cavité laryngienne en un tube médian et deux cavités latérales. Le canal médian sert au mouvement progressif de l'air, aussi bien qu'à la résonnance; les sacs latéraux et le sac hyoïdien servent à la résonnance de l'air. La résonnance de ces masses d'air doit être rendue plus facile par les rubans élastiques qui bordent l'entrée des sacs. La résonnance du son d'une anche posée sur un réservoir d'air reproduit exactement ce qui a lieu ici. On peut aussi se convaincre, par des expériences, que ces appareils servent à fortifier la voix. Je produisis des sons, à la manière ordinaire, avec un larynx entier de singe hurleur, dont l'appareil de résonnance était en parfaite intégrité, et je comparai la

force que ces sons, toutes choses égales d'ailleurs, avaient lorsque je permettais à l'air de remplir les sacs, ou lorsque, comprimant le col de ceux-ci avec des pinces, je ne leur permettais pas de s'emplir. Dans le premier cas, ils étaient beaucoup plus forts et hurlants. Les cordes vocales de l'animal, dont le bord supérieur est très tranchant, donnent aussi, à elles seules, des sons très vifs dans le larynx coupé en travers, lorsqu'on fait passer un courant d'air au-devant d'elles.

On peut faire des expériences sur le larynx des singes, et en général de tous les animaux, en se servant de pièces conservées dans l'alcool, pourvu qu'on ait soin de les plonger auparavant dans l'eau pendant quelque temps. Je conserve ainsi, et je m'en sers dans l'occasion, des larynx d'homme que j'ai préparés, et que j'ai trouvés propres à servir dans les expériences sur la voix.

Fig. 28. Larynx ouvert de l'*Alligator lucius*.

a. Corde vocale.

b. Cartilage cricoïde.

c. Bandelette cartilagineuse arquée, sur laquelle repose la corde vocale.

d. Hyoïde.

e. Membrane muqueuse au-dessus de l'hyoïde.

PLANCHE QUATRIÈME.

Fig. 29 à 39. Elles expliquent les expériences sur les anches de caoutchouc et sur les larynx artificiels construits d'après le type de celui de l'homme.

Fig. 29 à 31. Anche à une seule lèvre de diverses espèces.

Fig. 32. Tuyau d'anche à deux lèvres horizontales, avec des tuyaux allongeant la colonne d'air en avant et en arrière des lèvres. C'est quand les languettes sont perpendiculaires au courant, comme dans le cas présent, que la colonne d'air en change le plus facilement le son.

Fig. 33. Anche bilabiée de caoutchouc, dont les lèvres sont appliquées l'une à l'autre par leurs faces. Les pinces servent à maintenir les lèvres d'un côté. La fixation des lèvres de l'autre côté n'est pas absolument nécessaire.

Fig. 34. Anche bilabiée, avec des pinces fixant les deux extrémités de la glotte.

Les appareils 33 et 34 sont destinés à être unis à des tuyaux, pour apprendre à connaître l'influence de l'air.

Fig. 35. Tuyau d'anche bilabiée, dont les lèvres ont leurs faces tournées l'une vers l'autre, et dont les tubes servent à allonger et raccourcir la colonne d'air. J'ai remarqué que, quand les lèvres ont les faces tournées l'une vers l'autre, comme dans le cas présent, la colonne d'air qui passe devant et derrière les languettes exerce souvent fort peu, et même parfois n'a pas du tout d'influence sur le changement du son de l'anche. Ces anches à lèvres adossées par leurs faces et à isthme qui va en se rétrécissant peu à peu vers la glotte, sont celles qui ont le plus d'analogie avec l'organe vocal humain, dans lequel la colonne d'air qui passe devant et derrière les lèvres n'a non plus presque aucune influence sur la hauteur du son.

Fig. 36. Anches à lèvres analogues, sur lesquelles les pinces peuvent être à

volonté éloignées au moyen d'une vis, ou rapprochées à l'aide d'un ressort, pour accroître et diminuer la tension.

Fig. 37 à 39. Imitation du larynx humain.

Fig. 37. Pièces en laiton : *a* cartilage cricoïde ; *b* chevalet antérieur, mobile en *b'*, dans une articulation ; *c* chevalet postérieur, mobile en *c'*, dans une articulation. Le chevalet postérieur est une pince courbe, dont les branches se rapprochent au moyen d'une vis; *d* pince analogue, qui est fixée au pourtour antérieur, sans être mobile dans une articulation.

La vis *e* peut presser le chevalet d'arrière en avant.

Fig. 38. Préparation de l'anche bilabiée de caoutchouc, avec les faces tournées l'une vers l'autre, et liée sur un tube. On unit cet appareil à celui de la *fig.* 37, et l'on enferme dans les pinces les extrémités antérieure et postérieure des lèvres.

De là résulte le larynx humain artificiel, *fig.* 38, qu'on peut unir au manomètre.

On peut remplacer le caoutchouc par de grosses artères.

Dans tous ces appareils à deux lèvres de caoutchouc qui se regardent par leurs faces, la glotte peut être assez largement ouverte, sans que les sons cessent de sortir avec une grande force.

FIN DU SECOND ET DERNIER VOLUME.

TABLE DES CHAPITRES

DU SECOND VOLUME.

LIVRE QUATRIÈME. DES MOUVEMENTS, DE LA VOIX ET DE LA PAROLE.

SECTION I. Des organes, des phénomènes et des causes du mouvement animal. 1

CHAP. I. Des différentes formes de mouvements et d'organes moteurs. . . . . *ib.*
CHAP. II. Du mouvement vibratile. 5
Parties dans lesquelles on observe le mouvement vibratile. 6
Système cutané. . . . . *ib.*
Canal intestinal. 7
Organes respiratoires. . . . . *ib.*
Cavité nasale. . . . . *ib.*
Organes génitaux. 8
Organes urinaires. . . . . *ib.*
Organes du mouvement vibratile. 9
Phénomènes du mouvement vibratile. 11
Nature du mouvement vibratile. 15
CHAP. III. Du mouvement musculaire et des mouvements qui s'en rapprochent. 18
Tissus contractiles. . . . . *ib.*
Tissu contractile des végétaux. . . . . *ib.*
Tissu animal contractile susceptible de se résoudre en colle. 21
Tissu élastique et contractile des artères. 25
Tissu musculaire. 27
Propriétés chimiques des muscles. . . . . *ib.*
Structure des muscles. 28
Muscles à fibres primitives variqueuses et à faisceaux primitifs marqués de stries transversales. . . . . *ib.*
Muscles à fibres primitives cylindriques non variqueuses et à faisceaux primitifs dépourvus de stries transversales. 32
Propriétés vitales des muscles. 33
Roideur cadavérique. 42
CHAP. IV. Des causes du mouvement animal. 47
Influence du sang. 48
Influence des nerfs. 50

SECTION II. Des différents mouvements musculaires. 65

CHAP. I. Des mouvements involontaires et volontaires. . . . . *ib.*
Mouvements déterminés par des irritations hétérogènes, externes ou internes. 67

Mouvements automatiques..... 68
Mouvements automatiques qui dépendent du nerf grand sympathique.. 69
Mouvements automatiques qui dépendent des organes centraux..... 75
Mouvements automatiques du système animal à type intermittent..... 76
Mouvements automatiques du système animal à type continu..... 80
Mouvements par antagonisme..... 81
Mouvements réflexes..... 84
Mouvements réflexes du système animal..... *ib.*
Mouvements réflexes du système organique..... 85
Mouvements associés..... 86
Mouvements qui dépendent de l'état de l'âme..... 89
Mouvements qui succèdent à des imaginations..... *ib.*
Mouvements provoqués par des passions..... 90
Mouvements volontaires..... 92
CHAP. II. Des mouvements volontaires complexes..... 99
Séries simultanées des mouvements..... *ib.*
Association des mouvements et des idées..... 101
Association de mouvements à des mouvements..... *ib*
Association des idées et des mouvements..... 103
Mouvements instinctifs..... 104
Mouvements coordonnés..... 107
CHAP. III. De la locomotion..... 109
Natation..... 113
Vol..... 116
Reptation..... 118
Marche et course..... *ib.*
Saut..... 123
Action de grimper..... 125

SECTION III. De la voix et de la parole..... 127

CHAP. I. Des conditions générales de la production du son..... 128
Corps solides élastiques..... 130
Corps élastiques par tension..... *ib.*
Corps filiformes élastiques par tension; cordes..... *ib.*
Corps membraniformes élastiques par tension..... 131
Corps élastiques par eux-mêmes..... *ib.*
Verges droites et courbes..... *ib.*
Corps membraniformes rigides, droits et courbes; plaques, cloches.. 132
Fluides élastiques; air..... *ib.*
Instruments dans lesquels entrent à la fois en jeu les propriétés de corps élastiques solides, et celles de corps élastiques fluides. Instruments à anche..... 136
Instruments à anche faits d'un corps élastique rigide, métal ou bois..... *ib.*
Anches simples sans tuyau..... *ib.*
Anches ayant de l'analogie avec les verges..... *ib.*
Languettes accompagnées d'un tuyau qui modifie le son..... 139
Languettes métalliques en forme de disque..... 140
Instruments à anche membraneuse ou élastique par tension..... 142
Anches membraneuses simples, sans tuyau..... *ib.*

Anches tendues à la manière des cordes..... 141
Anches tendues en manière de tympan..... 147
Anches membraneuses, avec tuyau..... ib.
Influence du porte-vent sur le son des anches membraneuses..... 156
Anches membraneuses avec corps de tuyau et porte vent..... 158
Instruments de musique à anche membraneuse..... 160
Conclusion sur la théorie des sons produits par les anches..... 162
CHAP. II. De la voix, de l'organe vocal et des autres organes producteurs de sons, chez l'homme et les animaux..... 167
Voix de l'homme..... ib.
Organe vocal de l'homme en général..... ib.
Faits relatifs au changement des sons de l'organe vocal et à leurs causes. 172
Conclusions générales..... 192
Chant..... 196
Etendue de la voix..... 197
Espèces de voix des divers individus..... 198
Espèces de voix d'un même individu ; voix de poitrine et de tête..... 199
Timbre particulier de la voix. Voix nasillarde..... 201
Force de la voix..... 202
Accroissement et diminution de la force des sons..... ib.
Pureté des sons..... 204
Perfection de l'instrument vocal de l'homme..... 205
Compensation des forces physiques dans l'organe vocal de l'homme..... ib.
Sons buccaux produits par l'homme..... 229
Voix des mammifères..... 231
Voix des reptiles..... 252
Voix des oiseaux..... 233
Organe vocal des oiseaux..... ib.
Théorie de la voix des oiseaux..... 236
Voix des poissons..... 244
CHAP. III. De la parole..... 245
Système des sons muets de la parole à voix basse..... 246
Voyelles muettes..... ib.
Consonnes muettes et soutenues..... 247
Consonnes muettes explosives..... 249
Système des sons de la parole à haute voix..... 250
Voyelles..... 251
Consonnes qui restent muettes dans la parole à haute voix..... ib.
Consonnes qui, dans la parole à haute voix, peuvent être aussi bien prononcées muettes, c'est-à-dire comme simple bruit, qu'avec intonation de la voix..... ib.
Ventriloquie..... 254
Vices de la parole..... 255
Accent..... 258

LIVRE CINQUIÈME. DES SENS.

Notions préliminaires..... 259

SECTION I. Du sens de la vue..... 281

CHAP. I. Des conditions physiques des images en général..... 282
I. Espèces possibles d'appareils de vision..... *ib.*
II. Conditions physiques de la production des images par des milieux réfringents..... 288
III. Conditions physiques des couleurs..... 297
A. Couleurs dioptriques. Théorie newtonienne des couleurs..... *ib.*
B. Couleurs naturelles des corps. Pigments..... 303
C. Couleurs par interférence des rayons lumineux..... 304
CHAP. II. De l'œil comme appareil d'optique..... 307
I. Construction optique de l'œil..... *ib.*
A. Yeux simples, ou points oculaires des vers et autres animaux inférieurs. 308
B. Yeux composés, ou à mosaïque, des insectes et des crustacés..... 309
C. Yeux simples des insectes, arachnides, crustacés et mollusques, avec des milieux dioptriques réunissant les rayons lumineux..... 311
1. Yeux simples renfermant une lentille..... *ib.*
2. Agrégation d'yeux simples..... 313
D. Œil de l'homme et des animaux vertébrés..... *ib.*
1. Entourage de l'œil, paupières..... *ib.*
2. Tuniques de l'œil..... 315
3. Parties transparentes de l'œil..... 317
4. Nerf optique et rétine..... 318
II. Théorie de la vision d'après la structure des yeux..... 320
A. Vision au moyen d'yeux composés et de milieux dioptriques isolés par du pigment..... 321
1. Degré de netteté de l'image..... *ib.*
2. Vue de près et de loin..... *ib.*
3. Etendue du champ visuel..... 322
4. Angle optique..... 323
B. Vision au moyen d'yeux pourvus d'appareils réfringents..... 324
III. Changements intérieurs dans l'œil pour la vision distincte à des distances diverses..... 329
IV. Myopie et presbytie; moyen d'y remédier; lunettes..... 340
1. Défaut de netteté des objets trop rapprochés. Effets des diaphragmes. *ib.*
2. Myopie, presbytie. Lunettes et optomètres..... 342
3. Changements de la portée de la vue par les verres grossissants..... 345
V. Chromasie et achromasie de l'œil..... 346
1. Lentilles chromatiques..... *ib.*
2. Lentilles achromatiques..... 347
3. Achromasie de l'œil..... 348
4. Chromasie de l'œil..... *ib.*
CHAP. III. Des effets de la rétine, du nerf optique et du sensorium dans la vision..... 350
I. Action de la rétine et du sensorium dans la vision..... *ib.*
A. Action de la rétine et du sensorium..... *ib.*
B. Grandeur du champ visuel dans la représentation..... 353
C. Action du sens de la vue au dehors..... 355
D. Image de son propre corps dans le champ visuel..... 356
E. Vue renversée et vue droite..... 357
F. Direction de la vue..... 359

G. Jugement sur la forme, la grandeur, la distance et le mouvement des objets 361
H. Effets de l'attention dans la vision 363
II. Effets consécutifs des impressions visuelles, ou images consécutives... *ib.*
A. Images consécutives incolores après des images objetives incolores.. 364
B. Images consécutives colorées après des images objectives incolores.. 366
C. Images consécutives colorées après des images objectives colorées.. *ib.*
III. Conflit entre les différentes parties de la rétine 368
A. Communication des états entre les diverses parties de la rétine. Irradiation ..... *ib.*
1. Disparition des objets visuels en dehors de l'entrée du nerf optique. *ib.*
2. Disparition des objets visuels à l'entrée même du nerf optique... 369
B. Excitation d'états opposés dans des parties contiguës de la rétine.... *ib.*
1. Images claires et obscures qui deviennent plus prononcées par contraste ..... *ib.*
2. Couleurs physiologiques par contraste 370
3. Ombres colorées 371
a. Ombres colorées objectives ..... *ib.*
b. Ombres colorées subjectives 372
C. Effet agréable des contrastes physiologiques. Principes physiologiques de l'harmonie des couleurs. Théorie de Goethe 375
IV. Action simultanée des deux yeux 374
A. Vue simple avec deux yeux ..... *ib.*
B. Vue double avec deux yeux 381
C. Rivalité entre les champs visuels des deux yeux 385
V. Phénomènes subjectifs de vision 386
A. Figures produites par la pression 387
B. La figure arborisée dont il a été parlé plus haut paraît quelquefois lumineuse ..... *ib.*
C. Apparition lumineuse du pouls ..... *ib.*
D. Mouvement visible du sang ..... *ib.*
E. Apparition de cercles lumineux dans le champ visuel obscur quand on tourne brusquement les yeux de côté 388
F. Figures électriques dans l'œil ..... *ib.*
G. Apparition spontanée de lumière dans le champ visuel obscur ..... *ib.*
H. Flamboiement au-devant des yeux après l'usage des narcotiques .... *ib.*
I. Mouvements apparents des objets après que le corps a tourné en rond. 389
J. Absence de la faculté d'apercevoir les couleurs ..... *ib.*

SECTION II. Du sens de l'ouïe 390

CHAP. I. Des conditions physiques de l'audition ..... *ib.*
I. Mouvement ondulatoire en général 391
A. Ondes d'inflexion des liquides ..... *ib.*
1. Ondulations progressives ou ondes ..... *ib.*
2. Ondulations stationnaires 393
B. Ondes d'inflexion des corps solides 395
C. Ondes de condensation des liquides, des gaz et des corps rigides .... *ib.*
II. Ondes stationnaires et progressives des corps résonnants 396
III. Mouvement ondulatoire dans la propagation du son 401

A. Ondes progressives dans la propagation du son..... 401
B. Ondulations stationnaires dans les corps conducteurs du son..... 402
CHAP. II. Des formes et des propriétés acoustiques des organes auditifs..... 405
I. Formes de l'organe auditif..... *ib.*
A. Poissons..... 406
B. Reptiles..... 408
1. Reptiles nus..... 409
a. Reptiles nus sans caisse du tympan..... *ib.*
b. Reptiles nus pourvus d'une caisse du tympan..... *ib.*
2. Reptiles écailleux..... 410
a. Reptiles écailleux sans caisse du tympan..... *ib.*
b. Reptiles écailleux pourvus d'une caisse du tympan et d'une trompe d'Eustache..... *ib.*
C. Oiseaux..... *ib.*
D. Mammifères..... 411
II. Transmission du son jusqu'au labyrinthe chez les animaux qui entendent dans l'eau..... 412
III. Transmission du son jusqu'au labyrinthe chez les animaux qui vivent dans l'air..... 419
A. Animaux aériens privés de caisse du tympan..... *ib.*
B. Animaux aériens pourvus d'une membrane du tympan et d'osselets.. 421
C. Tension de la membrane du tympan..... 427
D. Fenêtre ovale et fenêtre ronde..... 434
E. Trompe d'Eustache..... 437
F. Conduit auditif externe..... 443
G. Cartilage extérieur de l'oreille..... 444
H. Corps solides et air résonnant au pourtour du labyrinthe..... 445
IV. Transmission par la caisse du tympan et transmission par les os de la tête..... 446
V. Audition des ondes sonores de milieux différents..... 447
A. Transmission immédiate du son de l'air à l'organe auditif..... *ib.*
B. Transmission immédiate du son de l'eau à l'organe auditif..... 448
C. Transmission immédiate du son de corps solides à l'organe auditif... 449
VI. Propriétés acoustiques du labyrinthe..... 450
A. Eau du labyrinthe..... *ib.*
B. Vestibule. Canaux semi-circulaires..... 452
C. Limaçon..... 455
CHAP. III. Des effets des ondes sonores sur les nerfs auditifs, et de l'action propre à ces derniers..... 459
I. Effets des ondes sonores sur les nerfs auditifs..... *ib.*
II. Distinction des sons..... 461
III. Audition de plusieurs sons simultanés..... 465
IV. Harmonie des sons. Intervalles musicaux..... 466
V. Audition..... 469
VI. Prolongation de la sensation auditive..... 470
VII. Audition double..... 471
VIII. Finesse de l'ouïe..... *ib.*
IX. Sons subjectifs..... 472
X. Sympathies du nerf auditif..... 473

SECTION III. Du sens de l'odorat..... 474
CHAP. I. Des conditions physiques de l'olfaction..... ib.
— II. De l'organe olfactif..... 475
— III. De l'action des nerfs olfactifs..... 479

SECTION IV. Du sens du goût..... 481
CHAP. I. Des conditions physiques de la gustation..... ib.
— II. De l'organe du goût..... ib.
— III. De l'action des nerfs gustatifs..... 483

SECTION V. Du sens du toucher..... 485
I. Étendue et organes du toucher..... 486
II. Modes ou énergies du toucher..... 488
III. Toucher et idée..... 489
IV. Toucher et mouvement..... 490
V. Sensations consécutives et contrastes du toucher..... 491
VI. Sensations tactiles subjectives..... 492

LIVRE SIXIÈME. DES FACULTÉS INTELLECTUELLES.

SECTION I. De la nature de l'âme en général..... 495
CHAP. I. Des rapports de l'âme avec l'organisation et la matière..... ib.
Connaissances expérimentales..... ib.
Systèmes cosmologiques..... 497
CHAP. II. De la vie intellectuelle dans un sens plus restreint..... 500
Différence entre la vie et l'esprit..... ib.
Action du cerveau dans la vie intellectuelle..... 503
Idées primitives, notions générales..... 504
Ame de l'homme et âme des animaux..... 508

SECTION II. Des phénomènes intellectuels..... 510
CHAP. I. De la conception..... 511
Idées simples..... ib.
Idées générales..... 513
Conception, association des idées..... ib.
Pensée..... 519
Conscience de soi-même..... 520
Sentiments..... 521
CHAP. II. Des passions et de la liberté..... ib.
Caractère..... 532

SECTION III. Du conflit entre l'âme et l'organisme..... 535
CHAP. I. Du conflit, en général, entre l'âme et l'organisme..... ib.
Monades dans le sens des physiologistes..... 536
Monades dans le sens des métaphysiciens..... 538
Manifestation de l'âme dans l'organisation du cerveau..... 539
CHAP. II. Des phénomènes du conflit entre l'âme et l'organisme..... 542
Influence des états du corps sur les idées et les penchants..... 543
Influence des idées et des passions sur l'organisme..... 545
Influence des idées sur les sens ; hallucinations..... ib.

Influence des idées sur les mouvements..... 550
Influence des idées sur la nutrition et la sécrétion..... *ib.*
Manifestations de l'âme chez les animaux composés, divisés et adhérents.. 551
Animaux composés..... *ib.*
Duplicité pathologique chez l'homme et les animaux..... 552
Mère et fœtus..... 554
CHAP. III. Des tempéraments..... 556
CHAP. IV. Du sommeil..... 559

LIVRE SEPTIÈME. DE LA GÉNÉRATION.

SECTION I. De la génération sans le concours des sexes..... 569
CHAP. I. De la multiplication des êtres organisés par l'effet de l'accroissement..... *ib.*
Végétaux..... *ib.*
Animaux..... 576
CHAP. II. De la multiplication par division d'un organisme développé..... 585
Division artificielle..... *ib.*
Division naturelle ou spontanée..... 586
CHAP. III. De la propagation par gemmation..... 590
Formation de bourgeons chez les végétaux..... 592
Formation de bourgeons chez les animaux..... 595
CHAP. IV. Du détachement des bourgeons, ou de la division en tronc et bourgeon..... 597
CHAP. V. Théorie de la génération sans le concours des sexes..... 599

SECTION II. De la génération par le concours des sexes..... 605
CHAP. I. Des sexes..... *ib.*
CHAP. II. Des organes sexuels..... 612
CHAP. III. De l'œuf non fécondé..... 616
CHAP. IV. Du sperme..... 622
CHAP. V. De la puberté, de l'accouplement et de la fécondation..... 629
Puberté..... *ib.*
Copulation..... 635
Séparation des œufs et leur admission dans les trompes..... 636
Fécondation..... 644
CHAP. VI. Théorie de la génération par le concours des sexes..... 649

LIVRE HUITIÈME. DU DÉVELOPPEMENT.

SECTION I. Du développement de l'œuf et de l'embryon..... 655
CHAP. I. Du développement des poissons et des reptiles nus..... 656
Changements du jaune avant la formation de l'embryon..... *ib*
Végétation des cellules du jaune pendant le développement..... 658
Forme de développement des poissons et des reptiles nus..... 663
Exemple de la marche du développement pour la formation des principales parties dans l'œuf de grenouille..... 667
CHAP. II. Du développement des oiseaux et des reptiles écailleux..... 679
Aperçu général sur le développement des oiseaux..... 680

Premiers rudiments des divers systèmes organiques dans l'œuf d'oiseau... 689
CHAP. III. Du développement des mammifères et de l'homme..... 703
Œuf des mammifères..... ib.
Œuf de la femme..... 712
CHAP. IV. Des différences que le développement présente chez les ovipares et les vivipares..... 726
Ovipares..... ib.
Vivipares acotylédonés..... 727
Vivipares cotylophores..... 728
Union du fœtus avec la matrice par un placenta chez quelques espèces de squales..... ib.
Union du fœtus avec la matrice chez les mammifères et dans l'espèce humaine..... 731
Nutrition du fœtus..... 735

SECTION II. Du développement des organes et des tissus du fœtus. 736

CHAP. I. Du développement des systèmes organiques..... ib.
Colonne vertébrale et crâne..... 737
Face et arcs viscéraux..... 741
Membres..... 744
Système vasculaire..... 745
Cœur..... ib.
Arcs aortiques et vaisseaux pulmonaires..... 746
Veines..... 749
Circulation du fœtus..... 751
Système nerveux..... ib.
Organes des sens..... 753
Canal intestinal..... 756
Organes respiratoires..... 757
Corps de Wolff, organes urinaires et génitaux..... ib.
CHAP. II. Du développement des tissus animaux..... 764

SECTION III. De la naissance et du développement après la naissance. 775

CHAP. I. De la naissance..... ib.
La mère et l'enfant après la parturition..... 778
CHAP. II. Des âges..... 781
CHAP. III. Des variétés chez les animaux et dans l'espèce humaine..... 785

Note additionnelle sur l'hérédité..... 799

Explication des planches..... 808
Table alphabétique des matières..... 816

FIN DE LA TABLE DES CHAPITRES DU SECOND ET DERNIER VOLUME.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES.

A

ABDUCTEUR (Nerf) de l'œil, I, 614.
ABEILLES, II, 610.
ABSORPTION, I, 185; preuves de l'absorption directe par les vaisseaux sanguins, I, 185; vitesse de l'introduction et de la répartition dans le sang des substances diverses, I, 149, 191; perméabilité des membranes organiques pour les gaz et les liquides, I, 189, 249; influence de la saignée sur l' —, I, 193; — par la peau, I, 194; effets organiques qui ont lieu pendant l'absorption par les vaisseaux sanguins, I, 194; par les vaisseaux lymphatiques, I, 210; mécanisme de l'absorption par les vaisseaux capillaires, I, 213; sa loi chez les végétaux, I, 214; parties où elle s'accomplit avec le plus de vitesse, I, 294; des substances nutritives, I, 486.
ABSTINENCE, I, 407, 408.
ACCENT, II, 238.
ACCESSOIRE DE WILLIS (NERF). Anatomie du —, I, 611; fonctions du —, I, 612; propriétés du —, I, 608, 728.
ACCOUCHEMENT, II, 777.
ACCOUPLEMENT, II, 629.
ACCROISSEMENT, I, 283; II, 497; animal, I, 42; végétal, I, 42; lois de l' —, I, 304; par intussusception, I, 306; par apposition, I, 309; des dents, I, 318.
ACHROMASIE DE L'ŒIL, II, 346, 348.
ACIDE carbonique, I, 34; exhalé dans la respiration, I, 253; — choléique, sa composition, I, 499; cholinique, I, 443; sa composition, I, 499; cholique, I, 442; fellinique, I, 443; hippurique, I, 531; lactique, I, 500, 532; urique, I, 121, 528; urobenzoïque, I, 531:
ACINI des glandes, I, 351, 354, 355, 357, 361, 362, 367, 379, 383.
ACTIVITÉ MOTRICE, I, 732.
ADIPOCIRE, I, 5.
AGES, II, 781.
AGROSTIS, I, 13, 15, 28.
AIR. Son influence sur la putréfaction, I, 5; sur la production des infusoires, I, 10; sur le développement de la vie, I, 25; condition des phénomènes vitaux, I, 27; — indispensable au développement des êtres organiques, I, 27; injection d'air dans les veines, I, 116; composition de l'air atmosphérique, I, 220; — contenu dans l'eau, I, 222; respiration dans l' —, I, 232; changements que fait subir la respiration à l' —, I, 232; — comme condition de la production du son, II, 132; transmission du son chez les animaux qui vivent dans l' —, II, 419; son de l' —, II, 447.
ALBINOS, I, 84.
ALBUMINE, I, 88, 102, 103, 109, 400; à l'état de coagulation, I, 111; à l'état de dissolution, I, 110.
ALIÉNATION MENTALE, I, 766.
ALIMENTATION. Mode d'alimentation des animaux, I, 37; — des végétaux, I, 37; son effet sur la production de la chaleur animale, I, 77; effets d'une alimentation unique, I, 403, 404; — insuffisante, I, 410.
ALIMENTS, I, 388; indispensables à l'entretien de la vie, I, 27; — des animaux, I, 33; des végétaux, I, 33; plastiques; I, 264; azotés provenant du règne animal, I, 399; du règne végétal, I, 399; non azotés provenant du règne animal, I, 399; du règne végétal, I, 399; leur variété une des principales conditions du maintien de la santé, I, 404; changements qu'ils subissent dans le canal digestif, I, 447; leur métamorphose dans le système vasculaire, lymphatique, sanguin, I, 485, 498; leur action sur le chyle, I, 492; leur influence sur la composition de l'urine, I, 526; sur la composition du sang, I, 536; sur la formation des calculs vésicaux, I, 537.
ALLANTOÏDE des oiseaux, II, 688, 700; des mammifères, II, 918.
ALTÉRANTS, I, 53.
AMBLE, II, 122.
AME. Doctrine de Stahl sur l'âme raisonna-

ble, I, 21 ; ses facultés en général, I, 760 ; rapport entre le cerveau et les facultés de l' —, I, 761 ; le cerveau, siége unique des effets de l' —, I, 764 ; divisibilité de l' —, I, 765 ; siége des fonctions de l' —, I, 779 ; mouvements qui dépendent de l'état de l' —, II, 89 ; — son influence sur les sens et sur les sensations, II, 279 ; ses rapports avec l'organisation et la matière, II, 493 ; différence entre elle et la vie, II, 500 ; conflit entre l'âme et l'organisme, II, 535 ; phénomènes de ce conflit, II, 542 ; — des animaux, II, 508 ; de l'homme, II, 508 ; sa définition d'après Spinosa, II, 527 ; manifestation de l'âme dans l'organisation du cerveau ; II, 589 ; sa manifestation chez les animaux, II, 551 ; tableau systématique de l' —, II, 541.

AMIDON, I, 499.

AMNIOS, II, 686, 698, 714 ; — faux, II, 687.

AMNIOTIQUE liquide, I, 227 ; II, 736.

AMPHIBIES. Température des —, I, 72, 76.

AMPUTÉS. Illusions des —, I, 643.

ANASTOMOSES par abouchement, I, 148.

ANCHES, II, 136 ; membraneuses simples, sans tuyau, II, 142 ; membraneuses avec tuyau, II, 147 ; membraneuses avec corps de tuyau et porte-vent, II, 158 ; influence du porte-vent sur les anches membraneuses, II, 156 ; — tendues en manière de tympan, II, 147 ; unilabiales, II, 152, 153, 154 ; conclusions sur la théorie des sons produits par les —, II, 162.

ANESTHÉSIE. Diagnostic de l' —, I, 653.

ANESTHÉSIQUES. Leur action sur les centres nerveux, I, 590.

ANGLE optique, II, 323 ; facial, II, 791.

ANGUILLE de Surinam, I, 59.

ANIMALCULES infusoires. *Voyez* ce mot. — microscopiques, I, 8 ; spermatiques, I, 11 ; II, 623.

ANIMAUX. Leur impuissance à produire des matières organiques, I, 8 ; génération spontanée des —, I, 9 ; analogies et différences des végétaux et des —, I, 36 ; mode d'alimentation des —, I, 37 ; assimilation chez les —, I, 39, 41 ; circulation chez les —, I, 40 ; respiration des —, I, 40 ; systèmes organiques des —, I. 43 ; irritabilité des —, I, 45 ; phénomènes électriques chez les —, I, 58, 64 ; différences du besoin de respirer chez les —, I, 223 ; digestion des substances animales, I, 414 ; âme des —, II, 508 ; manifestation de l'âme chez les animaux composés, II, 551 ; génération par accroissement des —, II, 576 ; formation de bourgeons chez les —, II, 595 ; variétés chez les —, II, 785 ; — articulés, I, 544 ; n'ayant qu'une locomotion relative, II, 1091 phosphorescents, I, 80 ; à sang chaud, I, 28, 68 ; faculté réflexe chez les —, I, 656 ; respiration des —, I, 264 ; — à sang froid, I, 28, 71 ; — faculté réflexe chez les —, I, 656 ; reproduction des nerfs chez les —, I, 337 ; respiration des —, I, 266 ; comparaison du cerveau chez les animaux vertébrés, I, 753.

ANNÉLIDES. Appareil respiratoire des —, I, 226 ; pouvoir reproducteur des, I, 324.

ANOMALIES. Hérédité des —, II, 801.

ANTAGONISME des sécrétions, I, 594 ; mouvements par —, II, 94.

ANTIMOINE. Son passage dans l'urine, I, 535.

APHONIE, I, 612.

APPAREILS SALIVAIRES, I, 450.

APPÉTIT, I, 405.

APPOSITION, I, 343 ; accroissement par —, I, 309.

ARACHNIDES. Système respiratoire des —, I, 227 ; pouvoir reproducteur des —, I, 324 ; yeux des —, II, 341.

ARCS branchiaux, II, 664 ; pleuraux, II, 664, 741 ; sertiques, II, 746.

AREA pellucida, II, 681 ; — opaca, II, 682 ; — vitelline, II, 682 ; — germinative, II, 709.

ARISTOTE admettait la génération spontanée, I, 9.

ARSENIC. Son passage dans l'urine, I, 535.

ARTÈRES, I, 159 ; élasticité des —, I, 160 ; II, 25 ; — leur aptitude à se rétrécir, I, 161 ; pression à laquelle le sang est soumis dans les —, I, 161 ; pouls artériel, I, 163 ; contractilité organique des —, I. 165 ; tonicité des —, I, 165 ; vacuité des —, I, 168 ; — hélicines, I, 182 ; réseau admirables des —, I, 183, 351 ; sympathies des —, I, 700 ; développement des —, II, 746.

ARTÉRIALISATION du sang, I, 114.

ARTICULATIONS. Membranes synoviales des —, I, 346.

ASSIMILATION, I, 285, 473 ; chez les animaux, I, 39, 41 ; chez les végétaux, I, 39, 41.

ASSOCIATION de couleurs, II, 373 ; des idées, II, 515 ; des idées et des mouvements, II, 103 ; de mouvements, I, 631 ; de sensations, I, 647.

ASSOCIÉS (Mouvements), II, 86.

ASTÉRIES. Pouvoir reproducteur des —, I, 324.

ATAVISME, II, 803.

ATTENTION, I, 771, 772 ; II, 94, 280 ; ses effets dans la vision, II, 363.

AUDITIF (Organe). Formes de l' —, II, 405 ; — chez les poissons, II, 405 ; chez les oiseaux, II, 410 ; chez les mammifères, II, 411 ; chez les reptiles, II, 408 ; conduit

auditif externe, II, 443; sympathies du nerf auditif, II, 473.
AUDITION. Influence du nerf facial sur l' —, I, 723; conditions physiques de l' —, II, 390; formes et propriétés acoustiques des organes auditifs, II, 405; transmission du son jusqu'au labyrinthe chez les animaux qui entendent dans l'eau, II, 412; — chez les animaux qui vivent dans l'air, II, 419; transmission des sons par la caisse du tympan et par les os de la tête, II, 446; — des ondes sonores de milieux différents, II, 447; effets des ondes sonores sur les nerfs auditifs, II, 459; action propre des nerfs auditifs, II, 459; — de plusieurs sons simultanés, II, 463; prolongation de la sensation auditive, II, 470; — double, II, 471.
AURA EPILEPTICA, I, 643, 747.
AUTOMATIQUES (Mouvements), II, 68; dépendant du nerf grand sympathique, II, 69; dépendant des organes centraux, II, 75; du système animal à type intermittent, II, 76; du système animal à type continu, II, 80.
AUTOPLASTIE, I, 330.

B

BAILLEMENT, I, 279, 770; II, 103.
BÉGAIEMENT, II, 255.
BILE, I, 437; ses matériaux essentiels n'existent pas dans le sang, I, 122; principes constituants de la —, I, 440; sa part dans les phénomènes digestifs, I, 477; n'est pas une humeur purement excrémentitielle, I, 480.
BILIAIRES (Vaisseaux) chez les insectes, I, 437.
BILIFULVINE, I, 443.
BILINE, I, 443.
BILIVERDINE, I, 443.
BINAIRES composés, I, 2, 26.
BOIS DES CERFS, I, 326.
BOISSONS. Influence des boissons alcooliques sur la respiration, I, 256.
BONNET, I, 414.
BOURGEONS, I, 9; leur formation chez les animaux, II, 593; chez les végétaux, II, 592; — adventifs, II, 593; — axillaires et terminaux, II, 592; — vasculaires, II, 593; leur séparation du tronc, II, 597; coalescence des —, II, 653.
BOURSES SYNOVIALES, I, 346.
BRANCHIES, I, 225.
BRONCHES. Contractilité des —, II, 77.
BULBES, II, 594.
BULBILLES, II, 598.

C

CADUCITÉ des corps organiques, I, 29.
CADUQUE (membrane), II, 712.
CAILLETTE, I, 414.
CAILLOT, I, 87, 102.
CAL. Formation du —, I, 331, 332.
CALCULS. Influence des aliments sur la formation des —, I, 537.
CANAL INTESTINAL, I, 409; II, 756; mouvement vibratile du —, II, 7; voy. INTESTIN.
CANAUX SEMI-CIRCULAIRES, II, 452.
CAPILLAIRES SANGUINS. Mesure micrométrique des —, I, 381. (Voy. VAISSEAUX.)
CAPSULES SURRÉNALES, I, 501, 508; leur structure, I, 510.
CAPUCHON céphalique, II, 683; — Caudal, II, 684.
CARACTÈRES des passions, II, 532.
CARIE des dents, I, 320.
CARTILAGES. Composition chimique des —, I, 295; — ligamenteux, I, 296; — spongieux, I, 296; régénération des —, I, 331; développement des —, II, 768; sympathies des —, I, 697; — cartilage extérieur de l'oreille, II, 444.
CASTRATION. Effets de la —, II, 634.
CELLULAIRE (tissu). Son organisation, II, 21; sa composition chimique, I, 293; II, 21; ses sympathies, I, 695; sa formation, II, 768.
CELLULES, II, 775; leur rôle dans l'économie, I, 7; — médullaires, I, 342; — sécrétoires, I, 345, 346; — jaunes pendant le développement, II, 658; système nourricier pour la vie commune des cellules dans l'embryon, II, 674; — pigmentaires, II, 767; théories nouvelles, II, 774.
CERVEAU. Son intervention dans la mort, I, 19; son influence sur les mouvements du cœur, I, 153, 155; sa composition chimique, I, 290; régénération du —, I, 339; fibres nerveuses du —, I, 547; substance grise du —, I, 558; propriétés sensitives et motrices des nerfs cérébraux, I, 603; lois de la propagation des effets dans cet organe, I, 692; définition générale du —, I, 731; volume comparatif du —, I, 736, 760; communication des nerfs avec le —, I, 589; causes qui l'interrompent, I, 739; comparaison du cerveau des animaux vertébrés, 753; forces du —, I, 760; unique siége des effets de l'âme, I, 764; insensibilité de la substance cérébrale, I, 777; fonction des hémisphères du —, I, 777; relations mutuelles des deux hémisphères du —, I, 780; mécanique du —, I, 782; paralysies cérébrales, I, 787; phénomènes qui ont lieu quand l'équilibre des effets du cerveau vient à être dérangé, I, 788; convulsions ayant leur cause dans le —, I, 788; manifestation de l'âme dans l'organisation du —, II, 539; classifications positives des dix-huit fonctions intérieures du

—, II, 541 ; son action dans la vie intellectuelle, II, 503.
CERVELET, I, 774.
CHAIR de poule. Causes de ce phénomène, I, 183 ; II, 24, 25.
CHALEUR, I, 52 ; son influence sur le développement de la vie, I, 25, 27 ; — du sang, I, 68 ; chez l'homme, 68 ; chez les animaux à sang chaud, I, 68 ; causes de production de la —, I, 73 ; théorie de la production de la chaleur animale, I, 74 ; circonstances générales qui influent sur la production de la —, I, 77 ; effet de l'alimentation sur la production de la —, I, 77 ; — produite par la transpiration, I, 256 ; son influence sur les nerfs, I, 581 ; sur le pouvoir conducteur des nerfs, I, 635 ; sur la manifestation de la puberté, II, 629.
CHANT, II, 196.
CHAT. Phosphorescence prétendue des yeux du chat, I, 85.
CHOLESTÉRINE, I, 442.
CHONDRINE, I, 295.
CHORDA *dorsalis*, II, 683.
CHORION, II, 679, 714, 719.
CHOROIDE. Réseaux admirables de la —, I, 184.
CHROMASIE de l'œil, II, 346, 348.
CHYLE, I, 118, 479, 489 ; couleur du —, I, 199, 201 ; composition du —, I, 200 ; influence modificatrice des vaisseaux lymphatiques sur le —, I, 217 ; changements qu'il subit suivant les aliments, I, 492 ; chylification, I, 397.
CHYME, I, 450 ; ses changements dans l'intestin grêle, I, 474.
CICATRISATION, I, 330, 333.
CILS VIBRATILES, II, 9.
CIRCULATION, I, 86, 124 ; chez les animaux, I, 40 ; chez les animaux inférieurs, I, 125, 126 ; chez les annélides et les insectes, I, 126 ; chez les crustacés et les mollusques, I, 128 ; chez les reptiles écailleux, I, 130 ; chez les poissons, I, 131 ; chez les oiseaux, I, 132 ; chez les reptiles nus, I, 132, 133 ; chez les mammifères, I, 135 ; dans les végétaux, I, 40 ; phénomènes généraux de la —, I, 136 ; grande circulation, I, 141, 144 ; petite circulation, I, 141 ; de la veine porte, I, 148 ; hépatico-rénale, I, 792 ; du fœtus, II, 751 ; vitesse de la —, I, 149, 610.
CLAIRVOYANCE attribuée aux somnambules, II, 575.
CLASSIFICATION des ganglions, I, 565.
CLIMAT. Son influence sur la production des variétés, II, 788 ; dans l'hérédité, II, 805.
COAGULATION du sang, I, 87.
CŒNASTHÉSIS, II, 282.
COEUR, I, 124 ; son intervention dans la mort, I, 19 ; nombre des battements du —, I, 136 ; fréquence de ses battements selon l'âge et selon le sexe, I, 136 ; ses battements après les repas et pendant le sommeil, I, 137 ; ses battements chez le fœtus, I, 137 ; systole, I, 138 ; diastole, I, 138 ; bruits du —, I, 140 ; phénomènes de la contraction du —, I, 152 ; influence de la respiration sur le —, 152 ; influence des nerfs sur le —, I, 153 ; influence des nerfs pneumogastriques sur les contractions du —, I, 610 ; développement du —, II, 745.
COEURS accessoires, I, 166, 180 ; — artiques, I, 180 ; — lymphatiques des reptiles, I, 208.
COLONNE VERTÉBRALE. Son développement, I, 737.
COLOSTRUM, II, 778.
COMBINAISONS binaires, I, 2, 26 ; ternaires, quaternaires, I, 2, 24 ; nombre incalculable de combinaisons auxquelles peut donner lieu la nature organique, I, 3 ; de qui dépend la combinaison dans les corps organiques et inorganiques, I, 4.
COMBUSTION. Ses rapports avec la respiration, I, 270.
CONCEPTION intellectuelle, II, 511, 515.
CONDUIT auditif externe, II, 443 ; — séminifères, I, 377 ; voy. TESTICULES ; — sudorifères, I, 521 ; — urinifères, I, 369 ; voy. REINS.
CONSCIENCE. Définition de la —, I, 21 ; de soi-même, II, 514, 520 ; double, II, 570.
CONSONNES, II, 251 ; — muettes et soutenues, II, 247 ; — muettes explosives, II, 249.
CONTRACTILES (tissus), II, 18 ; — chez les végétaux, II, 18 ; — chez les animaux, II, 21.
CONTRACTILITÉ organique des artères, I, 165 ; de la trachée artère, I, 273 ; des muscles, II, 34 ; ses causes, II, 47 ; influence du sang sur la contractilité musculaire, II, 48 ; influence des nerfs, II, 50 ; du galvanisme, II, 52 ; des bronches, II, 77.
CONTRACTION musculaire, I, 661 ; — induite, II, 55.
CONTRE-STIMULANTS, I, 55.
CONVULSIONS, I, 787.
COPULATION, II, 635.
CORDON ombilical, II, 709 ; de la moelle allongée, I, 768.
CORNÉE. Texture de la —, I, 296.
CORNES. Leur mode d'accroissement, I, 314 ; régénération du tissu des — , I, 327.
CORPS calleux, I, 780 ; de Pacini, I, 552 ; de Wolff, II, 700, 757 ; — organiques. *Voy.* ORGANIQUES.
COUENNE inflammatoire, I, 88, 97.

des deux sangs,
— , II, 261, 265;
II, 282; conditions
297 ; — dioptriques,
ewtonienne des —, II,
des corps, II, 303 ; par
yons lumineux, II, 304;
par contraste, II, 370 ;
logiques de l'harmonie des
bsence de la faculté d'aper-
, II, 389. *Voy.* Vue et Vision.
opre de la grenouille, I, 596;
aire, I. 597.
Caractères particuliers de la —, II,

OGIQUES (systèmes), II, 497.
. Développement du —, II, 737.
ASTER, II, 762.
STALLIN. Structure du —, I, 321 ; II, 67 ; composition chimique du —, I, 322 ; régénération du —, I, 329.
CRISTAUX, I, 17.
CRUSTACÉS. Appareil respiratoire des —, I, 226 ; pouvoir reproducteur des —, I, 324 ; yeux des — II, 311.
CUMULUS prolifère, II, 708.
CUVIER. Son opinion sur l'instinct, I, 21.
CYTOBLASTE, I, 42 ; II, 764.
CYTOBLASTÈME, I, 42 ; II, 652.

D

DARTOS. Organisation du — , II, 23 ; composition chimique du — , II, 283.
DÉFÉCATION, I, 429.
DÉFORMATION des ongles, I, 338.
DÉGLUTITION, I, 419.
DENTS. Structure des —, I, 316; seconde dentition, I, 328; formation des —, II, 768; accroissement des —, I, 318; composition chimique des —, I, 320; carie des —, I, 320; ossification des —, I, 317; régénération des —, I, 327.
DÉSORGANISANT, I. 54.
DÉSORGANISATION, I, 54.
DÉVELOPPEMENT des poissons et des reptiles nus, II, 656, 663; de la grenouille, II, 667 ; des oiseaux et des reptiles écailleux, II, 679 ; des mammifères et de l'homme, II, 703 ; différence qu'il présente chez les ovipares, II, 726 ; chez les vivipares acotylédonés, II, 727 ; chez les vivipares cotylédones, II, 728 ; après la naissance, II, 775 ; de l'œuf et de l'embryon, II, 655, 725; des organes et tissus du fœtus, II, 736; des organes des sens, II, 753 ; des organes respiratoires, II, 757 ; des organes urinaires et génitaux, II, 757 ; des tissus animaux, II, 764 ; hérédité des modes de —, II, 801.
DIABÈTE SUCRÉ, I, 392, 526.
DIAPÉDÈSE, I, 198.
DIAPHRAGMES, I, 271, II, 756; effets des — II, 340.
DIASTASE SALIVAIRE, I, 448.
DIASTOLE, I, 138.
DIGESTIF (appareil). Son intervention dans la mort, I, 20.
DIGESTIFS. Organes, I, 409; leur disposition chez les différents animaux, I, 409 ; membrane interne des —, I, 416 ; mouvements des — , I, 418.
DIGESTION EN GÉNÉRAL, I, 39 , 86 , 397 ; essence de la — , I, 400 ; — des substances animales et végétales, I, 414 ; liquides servant à la — , I, 429 ; — naturelle, I, 451, 453 ; théorie de la — , I, 455 ; — artificielle, I, 458 ; action de l'électricité sur la — , I, 472.
DISQUE PROLIGÈRE, II, 618.
DOCTRINE PHYSIOLOGIQUE, I, 56.
DOULEURS, II, 776.
DUPLICITÉ PATHOLOGIQUE chez l'homme et chez les animaux, II, 552.

E

EAU. Son influence sur l'aptitude à vivre de la matière animale, I, 7 ; indispensable au développement des êtres organiques, I, 27 ; air contenu dans l'— , I, 222 ; respiration dans l'—, I, 238 ; transmission du son chez les animaux qui entendent dans l'—, II, 412 ; son de l'— , II, 448.
ÉCREVISSES, I, 326.
EHRENBERG, révèle l'organisation des infusoires, I, 9 ; son opinion sur la production des infusoires, I, 13 ; sur celle des Entozoaires, I, 14.
ÉJACULATION, II, 635.
ÉLAINE, I, 301, 345.
ÉLASTICITÉ DES ARTÈRES, I, 160.
ÉLASTIQUES. Corps élastiques par eux-mêmes, II, 131 ; — par tension, II, 130, fluides élastiques, II, 132.
ÉLASTIQUE, II, 25. *Voy.* Tissu.
ÉLECTRICITÉ, I, 28 , 52 ; — dans les corps organisés , I , 57 ; organes électriques de quelques poissons , I, 58 ; phénomènes d'électricité chez d'autres animaux, I, 64 ; nerfs considérés comme conducteurs de l'— , I, 67 ; son action sur la digestion, I, 472 ; relation entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires, I , 577 ; développée par le fait de la contraction musculaire, I, 597 ; vitesse de l'— , I, 626 ; figures électriques dans l'œil, II, 388 ; sensations que détermine l'— , II , 262.
ÉLECTRO-MAGNÉTISME. Son influence sur la roideur cadavérique, II, 44.

ÉMAIL des dents, I, 317.
EMBOITEMENT (théorie de l'), II, 600.
EMBRYON, I, 309; système nourricier pour la vie commune des cellules dans l' —, II, 674; développement de l'—, II, 655; 725.
ÉMÉTIQUE, I, 572.
ÉMIGRATION. Causes d'émigration pour certains oiseaux, I, 79.
ÉMOTIONS. Leur influence sur les sécrétions, I, 304.
ENCHYME, I, 354.
ENDOCHORION, II, 718.
ENDOSMOSE, I, 190.
ENTOZOAIRES, I, 14, 27.
ÉPIDERME. Formation de l'—, I, 310.
ÉPIDIDYME, II, 759.
ÉPIGÉNÈSE (théorie de l'), II, 660.
ÉPINES, I, 313.
ÉPITHELIUM. Structure de l'—, I, 310; II, 766.
ÉQUILIBRE, I, 48.
ERECTILES (formations), I, 181.
ÉRECTION DU PÉNIS. Sa cause, I, 538; II, 635.
ESPÈCE, II, 785.
ESTOMAC. Mouvements de l'—, I, 423.
ÉTHÉRISME animal, I, 588; — organique, I, 588.
ÉTERNUMENT, I, 278; 660.
ÉVOLUTION (théorie de l'), II, 600.
EXCITABILITÉ, I, 37, 49; conservation de la —, I, 594.
EXCITANTS, I, 52.
EXCITATION, I, 49.
EXCITEMENT, I, 55.
EXCRÉMENTS, I, 34.
EXCRÉTION, I, 343, 397, 512.
EXHALATION, I, 196, 515.
EXPIRATION. Mouvement d'—, I, 248, 271.
EXSUDATION, I, 197, 329.

F

FACE. Développement de la —, II, 741.
FACIAL angle, II, 791.
FACIAL (nerf), I, 615, 721; son influence sur l'audition, I, 723; sur la gustation, I, 724.
FACULTÉS INTELLECTUELLES, I, 760; II, 493; leur rapport avec le développement du cerveau, I, 760.
FAIM, I, 405.
FAUSSET. Voix de —, II, 199.
FÉCONDATION, II, 629, 644.
FEMME. Caractères de la —, II, 611; œuf de la —, II, 712.
FENÊTRES ronde et ovale : leurs usages, II, 434.
FENTES branchiales et viscérales, II, 661.
FER. Son rôle dans l'hématine, I, 105.
FEUILLET, I, 444.
FIBRES primitives des nerfs, I, 545; — cérébrales, I, 547; systèmes et propriétés des fibres grises ou organiques, I, 622; excito-motrices, I, 667.
FIBREUX. Sympathies du système —, I, 696.
FIBRINE du sang, I, 88, 95, 103, 106; 281.
FLAMBOIEMENT au-devant des yeux après l'usage des narcotiques, II, 388.
FLUIDES, I, 23.
FOETUS. Mouvements volontaires chez le —, II, 93; influence de l'esprit de la mère sur l'action plastique du —, II, 334; son union avec la matrice, II, 728, 731; nutrition du —, II, 735; développement des organes et des tissus du —, II, 736; circulation du —, II, 751.
FOIE. Composition chimique du —, I, 128; organisation du —, I, 359; présence du sucre dans le —, I, 540; fabrique de sucre, I, 540; circulation spéciale du —, I, 792; rudiment du —, II, 701.
FOLLICULES, I, 354.
FONCTIONS nutritives, I, 86; — des vaisseaux lymphatiques, I, 209.
FORCES organiques, I, 25, 31, 46; sources des —, I, 33.
FORMATION du cal, I, 331, 332.
FORMES de la matière organique, I, 6.
FOUDRE. Son influence sur la roideur cadavérique, II, 44.
FOURMILLEMENT, I, 642, 746.
FRICTIONS, I, 53.
FROID. Son action sur les animaux, I, 80; son influence sur la contraction des artères, I, 167; sur les nerfs, I, 584; sur le pouvoir conducteur des nerfs, I, 635.

G

GALOP, II, 122.
GALVANISATION, emploi de la galvanisation musculaire dans le diagnostic, II, 63.
GALVANISME, I, 58; son action sur les nerfs, I, 576, 580, 594; son influence sur la contractilité et la nutrition des muscles, II, 52.
GANGLIONS vasculaires, I, 331; substance grise des —, I, 358; classification des —, I, 565; il n'est pas prouvé qu'ils jouissent du pouvoir réflectif dans les sensations sympathiques, I, 691; ne jouent point le rôle d'isolateurs à l'égard du nerf grand sympathique, I, 689, 690; influence irradiante des —, I, 693.
GANGLIONNAIRE (nerf), propriétés sensitives et motrices du —, I, 618, 620.
GASTÉRASE, I, 435, 458.

différents, I, 220; vénéneux, I, 220; ntretiennent le travail chimique de piration, I, 221; oxygène, I, 221; nitreux, I, 221; respirables, mais 'entretiennent pas le travail chimique respiration, I, 221; qui ne peuvent ême être inspirés en grande quantité, ; quantité des gaz contenus dans les sangs, I, 245; intestinaux, I, 484.
INE, I, 401.
TION, génération par —, II, 590.
ATION, II, 569; sans le concours exes, II, 569; par accroissement chez égétaux, II, 569; par accroissement nimaux, II, 576; par division artifi-, II, 583; par division naturelle ou née, II, 585; par gemmation, II, théorie de la génération sans le con- des sexes, II, 599; par le concours exes, II, 605; théorie de la généra- ar le concours des sexes, II, 649.
ATION spontanée, I, 9; spontanée ifusoires, I, 9; des vers intestinaux, I,

AUX (organes), leur développement, 7.
, I, 21, 25; fusion du sperme et du . 654.
ES, I, 334, 350; structure intime andes sécrétoires, I, 351; considéra- générales sur la structure des —, I, composition chimique des —, I, 292; ithies du tissu glandulaire, I, 700; ithies entre les membranes muqueu- le tissu des —, I, 702.
ES agminées, I, 418; axillaires, I, à canaux ramescents sans anasto- I, 355; digestives, I, 418; lacry-, I, 359; lymphatiques, I, 205, 351; naires, I, 356; salivaires, I, 357; res, I, 418; sudoripares, I, 521, 349; aires ou vasculaires sanguines, I,

ES de Brunner, I. 416.
ES de Lieberkühn, I, 416.
ES de Peyer, I, 416.
ES du sang, I, 90.
INE, I, 107.
-PHARYNGIEN (nerf), I, 607, 714; étés du —, I, 724.
, I, 499.
I, 260, 481; (*voyez* GUSTATION).
E, 300, 301, 346; connexions entre iration et la formation de la —, I, composition de la —, I, 499.
, II, 653.
S, I, 311.
R (action de), II, 123.
ION, conditions physiques de la —, I; organes du goût, II, 481; action des nerfs gustatifs, II, 483; influence du nerf facial sur la —, I, 724.
GUBERNACULUM testis, II, 762.

H

HALLUCINATIONS, II, 545.
HÉMATINE, I, 103; sa formation, I, 119.
HÉMIPLÉGIE, I, 786.
HÉMO-DYNAMOMÈTRE, I, 162.
HÉPATISATION, I, 177.
HÉRÉDITÉ, II, 799; de conformation extérieure, II, 799; de structure interne, II, 800; relative aux éléments fluides de l'organisation, II, 800; des anomalies de l'organisation, II, 801; des modes de développement, II, 801; des modes de reproduction, II, 801; des idiosyncrasies, II, 801; de la durée de la vie, II, 801; de la nature morale, II, 802; directe, II, 803; indirecte, II, 803; en retour, II, 803; d'influence, II, 803; des maladies, II, 805; influence du nombre et du climat dans l' —, II, 805.
HERMAPHRODISME, II, 606, 762.
HIVERNATION, I, 69, 73, 79; ses rapports avec le sommeil d'été de quelques animaux, I, 29.
HOMME, chaleur de l' —, I, 68; composition du sang de l' —, I, 101; âme de l' —, II, 508; caractères de l' —, II, 611; développement de l' —, II, 703; œil de l' —, II, 313; variétés dans l'espèce humaine, II, 785.
HOMOEOPATHES, I, 50.
HOQUET, I, 279.
HUMBOLDT, son opinion sur la production des infusoires, I, 12.
HUMUS, I, 5.
HUMEURS répandues dans le corps, I, 86; circulation des —, I, 86; renouvellement de la matière dans les —, I, 288.
HYBRIDES, II, 628.
HYDROPÉRIONE, II, 714.
HYDROTOMIE, II, 202, 209.
HYPNOTISME, II, 571.
HYPOGLOSSE (nerf), I, 612; fonctions du —, I, 624; propriétés du —, I. 729.

I

ICHTHYOSE, I, 311.
IDÉES, II, 501; primitives, II, 504; simples, II, 511; association des —, II, 515; association des mouvements et des —, II, 103; générales, II, 515; influence des états du corps sur les —, II, 543; leur influence sur l'organisme, II, 545; sur les sens, II, 545; sur les mouvements, II, 550; sur la sécrétion, II, 550; sur la nutrition, II, 550.

IDIOSYNCRASIES, hérédité des —, II, 801.
IGNITION, I, 26.
ILLUSIONS causées par la lumière réfléchie, I, 84; des amputés, I, 643.
IMAGES dans la vision, II, 282, degré de netteté des —, II, 321; consécutives, II, 363; consécutives incolores après des images objectives incolores, II, 364; consécutives colorées après des images objectives incolores, II, 366; consécutives colorées après des images objectives colorées, II, 366; claires et obscures qui deviennent plus prononcées par contraste, II, 369.
IMAGE de son propre corps dans le champ visuel, II. 356.
IMAGINATION, II, 276; son influence sur les mouvements, II, 89; sur les sensations tactiles, II, 489; influence de l'imagination de la mère sur la production des monstruosités, II, 555.
IMBIBITION, I, 189.
INCITABILITÉ des corps organiques, I, 26.
INCITATIONS, I, 25; intégrantes, I, 27.
INDIGESTION, I, 406.
INDURATION, I. 177.
INFILTRATION artificielle, I, 202.
INFLAMMATION, I, 56, 177; suppurative, I, 339; régénération avec —, I, 329.
INFUSOIRES, I, 8; leur génération spontanée découverte par Needham, I, 9; attaquée par Spallanzani, I, 10; défendue par Treviranus, I, 10; expliquée par Wrisberg et autres, I, 11; critique de ces opinions, I, 12; influence de l'air sur la production des —, I, 10; organes respiratoires des —, I, 225.
INJECTION, méthode d' —, I, 202.
INNÉITÉ, II, 799.
INORGANIQUES (corps), divisibilité infinie des —, I, 17; effets communs aux corps organiques et aux —, I, 57.
INSECTES, température des —, I, 76; système respiratoire des —, I, 227; pouvoir reproducteur des —, I, 324; yeux des —, II, 312.
INSPIRATION, I, 179, 270, 271; son influence sur l'attraction du sang veineux, I, 179; mouvement d' —, I, 248.
INSTINCT, I, 21; II, 104, 105; transmissibilité des —, II, 802.
INSTRUMENTS pour la production du son, II, 132; à anches, II, 136; à anche membraneuse élastique ou par tension, II, 142; de musique à anches membraneuses, II, 160.
INTELLIGENCE, phénomènes d'intelligence chez les monstres doubles, II, 553. *Voy.* AME et FACULTÉS INTELLECTUELLES.
INTENTION, II, 280.
INTESTIN, I, 410; membrane interne de l' —, I, 416; mouvement de l' —, I, 428; (*voyez* CANAL INTESTINAL).
INTESTINAL (canal), II, 756.
INTESTINAL (système), II, 701; ses rudiments chez les poissons et les reptiles nus, II, 677.
INTUSSUSCEPTION, accroissement par —, I, 306, 343.
INVERTÉBRÉS, température des —, I, 73; système nerveux des —, I, 624.
IRRADIATION, II, 368; des sensations, I, 647; explication de ce phénomène, I, 648.
IRRITABILITÉ, I, 37, 44; des animaux, I, 45; des muscles, I, 592; II, 34, 55; des nerfs, I, 568; changements que les irritations impriment à l' —, I, 580.
IRRITANTS, I, 48, 568.
IRRITATIONS, I, 48; altérantes, I, 583; chimiques, I, 570; électriques, I, 572; électro-magnétiques, I, 166; hétérogènes, I, 67; intégrantes, I, 582; mécaniques, I, 568; changement qu'elles impriment à l'irritabilité, I, 580.

J

JAROT, I, 413.
JAUNE, changements du jaune de l'œuf avant la formation de l'embryon, II, 656; ses sillons, II, 656; végétation des cellules du jaune pendant le développement, II, 658; membrane enveloppante pour le jaune qui se développe en embryon, II, 668, 689.
JAUNISSE, I, 196.
JEÛNE, conséquences du —, I, 407.
JUGEMENT, II, 520.

L

LABYRINTHE, II, 412, 419, 445; propriétés acoustiques du —, II, 450; eau du —, II, 451; vestibule du —, II, 452; canaux semi-circulaires du —, II, 452.
LAIT, II, 780.
LAMES dorsales et ventrales, II, 663.
LAMINOE dorsales, II, 683.
LASSITUDE, II, 42, 120.
LENTILLES chromatiques, II, 346; achromatiques, II, 347.
LEUCINE, I, 292.
LIBERTÉ, II, 96, 521.
LIMAÇON, II, 435.
LIQUEUR du sang, I, 87, 95.
LIQUIDES, changements qu'ils éprouvent dans les vaisseaux lymphatiques, I, 216; changements organico-chimiques qui surviennent dans les —, I, 220; qui servent à la digestion, I, 429.
LOCHIES, II, 778.
LOCOMOTION, II, 109.
LUMIÈRE, son influence sur la génération des infusoires, I, 10; condition de la vie,

ion action sur les végétaux, I, 79; ient de —, I, 80; sensations sub- de —, I, 84, 85; illusions causées umière réfléchie, I, 84; vitesse de , 626; sensation de la —, II, 261, que c'est que la —, II, 282, appa- pontanée de lumière dans le champ bscur, II, 388.
:S, II, 342, 344.
TIQUES (système des), I, 44, 198; is des —, I, 209; changements rouvent les liquides, I, 216; sym- des —, I, 698; cœurs lymphati- 208; glandes lymphatiques, I, 205, *y*. VAISSEAUX.
, I, 118, 198; composition de la de l'homme, I, 200; mouvement -, I, 217.

M

IE, II, 801.
RÉTICULÉ, II, 718.
ISME ANIMAL, I, 24; II, 288,

:S. Hérédité des —, II, 805.
ES. Développement des éléments iques de la —, I, 557.
RE (glande), I, 356.
ÈRES. Poumons des —, I, 232; tion des —, I, 264; respiration des ifères hibernants, I, 266; voix des , 231; formes de l'organe auditif — , II, 411; développement des —, ; œuf des —, II, 703.
, II, 118; mécanisme de la —, II, — des quadrupèdes, II, 121.
INE, I, 301.
E ORGANIQUE. Composition chi- de la —, I, 1; en quoi elle diffère de ière inorganique, I, 2, 16; mode lier d'union de ses éléments, I, 3; lance à la décomposition, I, 4; pro- le cette décomposition, I, 5; de quoi ent dépendre les principales diffé- dans la composition de la —, I, 5; qu'elle affecte, I, 6; production de I, 8; son aptitude à la vie, I, 9; s de la —, I, 39.
ES ANIMALES. Leur métamorphos. respiration, I, 260; état de mouvee de la —, I, 267; renouvellement d- I, 287; *idem* dans les parties orgae , I, 288; *idem* dans les humeurs, l- rapports de l'âme avec la —, II, 493,
ES INORGANIQUES. Leur indis- ibilité dans l'alimentation, I, 486.
INORGANIQUES (corps).
QUE du principe nerveux, I, 625; rfs moteurs, I, 628; des nerfs sensi- tifs, I, 634; du cerveau, I, 782; de la moelle épinière, I, 782.
MÉDICAMENTS, I, 52, 398.
MÉDULLAIRES (cellules), I, 342.
MEMBRANES. Perméabilité des —, I, 189, 249; — caduque, II, 712; enveloppante pour le jaune qui se développe en embryon, II, 668, 689; intermédiaire, I, 348; II, 691; ses développements jusqu'à la formation du système sanguin, II, 696; interne de l'intestin, I, 416; — médullaire, I, 308; — muqueuses, I, 293, 333, 347; composition chimique des —, I, 293; sympathies des —, I, 695; sympathie entre la peau et les —, I, 701, 702; entre les membranes séreuses et les —, I, 702; entre le tissu glandulaire et les —, I, 702; rudiments de la —, II, 692; — préformative des dents, I, 317; —proligère, II, 663, 681; — séreuses, I, 333, 346; — séreuses des viscères, I, 346; sympathies des —, I, 696; sympathies entre les membranes muqueuses et les —, I, 702; synoviales des articulations, I, 346; du tympan, II, 409, 410, 421, 427; — tympaniforme, II, 234.
MEMBRES. Développement des —, II, 744.
MÉMOIRE, II, 518.
MENSTRUATION, II, 629, 631.
MERCURE. Son passage dans l'urine, I, 535.
MER. Phosphorescence de la —, I, 80.
MÈRE. Influence de l'esprit de la mère sur l'action plastique du fœtus, II, 554.
MÉSENTÈRE, II, 736.
MÉTABOLIQUE (pouvoir), I, 42.
MÉTAUX contenus dans le sang, I, 218.
MÉTISSAGE, II, 803, 804.
MINÉRAUX. État des éléments minéraux dans les composés organiques, I, 5.
MOELLE ALLONGÉE. Sa structure, I, 768; ses propriétés, I, 770; connexion entre la respiration et la —, I, 275.
MOELLE ÉPINIÈRE, I, 692, 737; excitation du sang veineux sur la —, I, 114; son influence sur les mouvements du cœur, I, 155; composition chimique de la —, , 290; régénération de la —, I, 339; substance grise de la —, I, 558; communication des nerfs avec la —, I, 589; définition générale de la —, I, 731; ses fonctions, I, 737; ses analogies avec les nerfs, I, 739; conséquences des lésions de la —, I, 740; relations des nerfs avec la —, I, 741; propriétés qui la distinguent des nerfs, I, 748; structure de la —, I, 748; son volume comparatif, I, 736, 760; mécanique de la —, I, 782; paralysies de la —, I, 786; convulsions ayant leur cause dans la —, I, 798.
MOLLUSQUES, I, 543; appareil respiratoire des —, I, 226; pouvoir reproducteur des —, I, 324; yeux des —, II, 312.

MONADES, I, 11, 13; des physiologistes, II, 536; des métaphysiciens, II, 538.
MONSTRES, I, 323; — doubles, II, 542; phénomènes d'intelligence chez les —, II, 553; influence de l'imagination de la mère sur la production des —, II, 555.
MORT. Ses causes, I, 19; — végétative, I, 20 (note); théorie de Reil sur la —, I, 22; signes de la —, II, 784.
MOTEURS (organes). Leurs diverses formes, II, 1.
MOUSTACHES. Chute des —, I, 338.
MOUVEMENTS, II, 1; différentes formes de —, II, 1; causes du mouvement animal, II, 1, 47; organes du mouvement animal, II, 1; phénomènes du mouvement animal, II, 1; association de mouvements à des —, II, 101; association des idées et des —, II, 103; influence des idées sur les —, II, 550; rétablissement du —, I, 335; nerfs de —, I, 598; sympathies entre les nerfs de sentiment et ceux de —, I, 705; l'énergie des mouvements a sa cause dans la moelle épinière, I, 752; séparation de la sensibilité et du —, I, 598, 602.
MOUVEMENTS par antagonisme, II, 81; — associés, I, 631; II, 86; automatiques, II, 68; — coordonnés, II, 107; — déterminés par des irritations hétérogènes externes ou internes, II, 67; de l'estomac, I, 423; — instinctifs, II, 104; de l'intestin, I, 428; — involontaires, I, 675, 677; II, 65; cause première des mouvements involontaires, I, 677; — musculaire, II, 18; — ondulatoire, II, 391; de l'œsophage, I, 422; — provoqués par des passions, II, 90; qui succèdent à des imaginations, II, 89; — réflexes, I, 654, 733; II, 84; — respiratoires, I, 270; du tube alimentaire, I, 418; des végétaux, I, 36; — volontaires, II, 65, 92; volontaires complexes, II, 99; vibratile, II, 5.
MUCUS, I, 348.
MUE, I, 327.
MULTIPLICATION, II, 568; des végétaux par accroissement, II, 569; par division artificielle, II, 583. *Voy.* GÉNÉRATION.
MUSCLES, I, 44; II, 770; composition chimique des —, I, 291; irritabilité des —, I, 592; II, 34, 55; électricité développée par le fait de la contraction des —, I, 597; contraction des —, I, 661; sympathies des —, I, 697; propriétés chimiques des —, II, 27; structure des —, II, 28, 32; propriétés vitales des —, II, 33; sensibilité des —, II, 33; contractilité des —, II, 34; influence du galvanisme sur la contractilité et la nutrition des —, II, 52; force des —, II, 62; différents mouvements des —, II, 65; — obliques, leurs effets, II, 87.
MUSCULAIRE (mouvement), II, 18; sens, I, 571; tissu, II, 27. *Voy.* TISSU.
MUSCULUS TESTIS, II, 762.
MYOPIE, II, 340, 342; moyen d'y remédier, II, 344.

N

NAISSANCE, II, 775.
NARCOTIQUES, I, 192; leur mode d'action, I, 751; par le sang, I, 582; leur action locale sur les nerfs, I, 586; effets de leur application sur le nerf grand sympathique, I, 680; flamboiement au-devant des yeux après l'usage des —, II, 338.
NASILLEMENT, II, 201.
NATATION, II, 113.
NATROCHOLINE, I, 444.
NATROCHOLOIDINE, I, 444.
NÉCROSE des os, I, 340.
NERFS, I, 45; composition chimique des —, I, 290; physique des —, I, 539; structure des —, I, 539; fibres primitives des —, I, 545; faisceaux blancs et gris dans les —, I, 549, marche et mélange des fibres dans les —, I, 549; irritabilité des —, I, 588; action des irritants sur les —, I, 586; de la température sur les —, I, 579; de l'électricité sur les —, I, 572; de l'éther sur les —, I, 588; action locale des narcotiques sur les —, I, 586; — considérés comme conducteurs de l'électricité, I, 67; leur rôle dans la décharge électrique des poissons électro-moteurs, I, 62; leur dépendance du cerveau et de la moelle épinière, I, 539, 739, 741; causes qui interrompent la communication entre le cerveau et les —, I, 739; propriétés de la moelle épinière qui la distinguent des —, I, 748; racines sensitives et motrices des nerfs rachidiens, I, 598; de mouvement, I, 598; de sentiment, I, 596; leur influence sur le cœur, I, 153; leur influence sur la contractilité des muscles, II, 50; sur le mouvement du sang, I, 174; leur influence sur la nutrition, I, 301; sur la respiration, I, 274; sur la sécrétion, I, 390; lois de la propagation du principe nerveux dans les nerfs moteurs, I, 628; mécanique des nerfs moteurs, I, 628; mécanique des nerfs sensitifs, I, 634; fonction des nerfs sensitifs, II, 259; différence d'action entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs, I, 667; principe actif des —, I, 593; propriétés des nerfs en général, I, 539; propriétés des nerfs sensoriels, I, 710; leur aptitude, II, 267; propriétés des nerfs non sensoriels, I, 715; sympathies entre les nerfs de mouvement et ceux de sentiment, I, 705; des nerfs sensitifs, I, 706; des nerfs pairs, I, 706; des nerfs moteurs entre eux, I, 706; sympathies du nerf auditif, II,

égénération des —, I, 334; leur
iction chez les animaux à sang froid,
terminaison des—, I, 552, 556; con-
s ayant leur cause dans les—, I, 787;
propre des nerfs auditifs, II, 459;
s ondes sonores sur les nerfs auditifs,
; action des nerfs olfactifs, II, 479.
ccessoires de Willis, I, 608, 728;
braux mixtes à racine double, I,
– cérébro-rachidiens, I, 732; pro-
sensitives et motrices des nerfs céré-
I, 603; — facial, I, 615, 721; fron-
104; ganglionnaire, I, 618; glosso-
gien, I, 607, 724; grand hypoglosse,
729; grand sympathique, I, 730;
aires de l'œil, I, 614; naso-ciliaire,
oculaires, I, 715; oculo-musculaire,
; optique, II, 318; pathétique de
, 614; trijumeau, I, 603, 718;
I, 608, 726.
K. Irrationalité de la conception du
–, I, 23; Accroissement du système
, I, 288; système nerveux des ver-
I, 539; des invertébrés, I, 541, 624;
primitives du système —, I, 543;
e nerveux, I, 593; mécanique du
e nerveux, I, 625; vitesse du fluide
, I, 626; lois de la propagation du
e nerveux dans les nerfs moteurs,
dans les nerfs sensitifs, I, 634; in-
active des organes centraux du sys-
erveux sur le grand symphatique et
nce motrice, I, 676; parties cen-
du système nerveux en général, I,
ù se produit et se reproduit le prin-
, I, 734; effets des passions sur le
— , I, 763; rudiments du système
central, II, 690; développement du
751.
ivement vibratile des cavités nasales,

IMITIVA, II, 682.
TURE. Rapports de la respiration
—, I, 262; durée de la vie chez les
x privés de —, I, 408.
I, 7; II, 764.
LE, I, 7; II, 764.
S, I, 7, 42.
ON, I, 283, 343; acte de la —, I,
influence des nerfs sur la —, I, 301;
ce de la nutrition sur l'exhalation ga-
I, 515; influence des parties centra-
ystème nerveux sur la —, I, 734;
es sur la —, II, 550; nutrition du
II, 735.

O

ITÉ, II, 282.
RES (nerfs), I, 715.
OCULO-MUSCULAIRE (nerf), I, 614.
ODEUR du sang, I, 87.
ODORAT, II, 260, 474. *Voy.* OLFACTION.
OEIL. Construction optique de l'—, II, 307; yeux simples ou points oculaires des animaux inférieurs, II, 308; yeux composés, ou à mosaïques, des insectes et des crustacés, II, 309; yeux simples des insectes avec des milieux transparents réunissant les rayons lumineux, II, 311; entourage de l'—, II, 313; — de l'homme et des animaux vertébrés, II, 313; agrégation d'yeux simples, II, 313; nerfs musculaires de l'—, I, 614; tuniques de l'—, II, 315; parties transparentes de l'—, II, 317; changements intérieurs dans l'œil pour la vision distincte à des distances diverses, II, 329; chromasie de l'—, II, 346, 348; développement de l'—, II, 753.
OESOPHAGE. Mouvements de l'—, I, 422.
OEUF. L'œuf est la source de tout ce qui vit, I, 9; — animal, I, 25; — végétal, I, 25; respiration des œufs d'animaux, I, 241; — non fécondé, II, 616; sa séparation de l'ovaire et son admission dans les trompes, II, 636; développement de l'—, II, 654; premiers rudiments des divers systèmes organiques dans l'œuf d'oiseau, II, 689; des mammifères, II, 703; de la femme, II, 712.
OISEAUX. Cause des émigrations de certains —, I, 79; poumons des —, I, 234; respiration des —, I, 264; voix des —, II, 233; organe vocal des —, II, 233; théorie de la voix des —, II, 236; formes de l'organe auditif chez les —, II, 410; développement des —, II, 679.
OLFACTIF (organe), II, 475; action des nerfs —, II, 479.
OLFACTION. Ses conditions physiques, II, 474.
OMBRES colorées objectives, II, 371; — subjectives, II, 372.
ONDES, II, 391; d'inflexion des liquides, II, 391; des corps solides, II, 395; de condensation des liquides, des gaz et des corps rigides, II, 395; stationnaires, II, 391; progressives, II, 391; stationnaires et progressives des corps résonnants, 396; progressives dans la propagation du son, II, 401; stationnaires dans les corps producteurs du son, II, 402; — sonores produites dans l'eau, II, 414; sonores des corps solides, II, 414; sonores de l'air, II, 414; audition des ondes sonores de milieux différents, II, 447; effets des ondes sonores sur les nerfs auditifs, II, 459.
ONDULATOIRE (mouvement) en général, II, 391; dans la propagation du son, II, 401.
ONGLES. Formation des —, I, 311; défor-

mation des —, I, 338 ; régénération des —, 1, 327 ; leur développement, II, 725, 767.
...TIC ...ES (lobes), I, 756 ; nerf —, II, 318.
...TRE, II, 345.
..., Cartilage extérieur de l'—, II, développement de l'—, II, 755.
...E DE JACOBSON. II, 477.
...ES électriques, I, 58 ; — phospho- I, 82 ; — digestifs, I, 409 ; ...s d'organes entiers entre eux, I, ...organes entiers avec des tissus, I, ...ouvement animal, II, 1 ; for- ...s d'organes moteurs, II, 1, ...ibratile des organes respira- II, 7 ; — génitaux, II, 8 ; — uri- II, 8 ; — du mouvement vibratile,
...S CENTRAUX. Mouvements auto- ...s qui dépendent des — , II, 75.
...vocal des oiseaux, II, 233.
...force), I, 46.
...(corps). Divisibilité limitée ...symétrie des —, I, 18 ; in- —, I, 26 ; systèmes organi- ...maux, I, 43 ; effets com... ...inorganiques et aux —, I ... procédé d'analyse chimi... ...13 ; composition chimiq... ... — , I, 289 ; développement ...mes — , II, 736.
ORGANISME, I, 16 ; essence de l'organisation vivante, I, 16 ; ce que c'est, I, 22 ; — animal, I, 36 ; rapports de l'âme avec l'— , II, 493 ; conflit entre l'âme et l'—, II, 535 ; phénomènes de ce conflit, II, 542 ; influence des idées sur l'—, II, 545 ; influence des passions sur l'—, II, 545.
OS. Composition chimique des —, I , 297 ; régénération des —, I, 331 ; nécrose des —, I, 340 ; sympathies des —, I, 697.
OSMAZOME, I, 110.
OSSEUX. Accroissement du système — , I, 288.
OSSIFICATION, I, 309 ; — dentaire, I, 317.
OUBLI. Causes de l'—, I, 779.
OUIE, I, 257, 260, 390 ; finesse de l' — II, 471. *Voy.* AUDITION.
OVAIRES, II, 639.
OVIPARES, II, 726.
OVULE, II, 620, 703.

P

PALPATION, I, 485. *Voy.* TOUCHER.
PANCREAS, I, 205, 358 ; fonction propre du —, I, 481 ; rudiment du —, II, 701.
PANSE, I, 414.
PANSPERMISME, II, 601.
PANTHÉISTIQUE. Doctrine, II, 499.
PAPILLES, I, 295.
PARALYSIES, I, 786.
PARAPLÉGIE, I, 786.
PAROLE, II, 1, 127, 245 ; à voix basse, II, 246 ; à haute voix, II, 250 ; vices de la —, II, 255 ; accent, II, 258. *Voy.* VOIX.
PARTURITION, II, 775.
PAS, II, 122.
PASSIONS, I, 291 ; II, 521 ; leur influence sur les sécrétions, I, 391 ; sur l'organisme, II, 545 ; sur le système nerveux, I, 763 ; rapports entre les viscères et les —, I, 763 ; mouvements provoqués par des —, II, 90.
PATHÉTIQUE (nerf) de l'œil, I, 614.
PAUPIÈRES, II, 313.
PEAU. Absorption par la —, I, 194 ; composition chimique de la —, I, 295 ; structure de la —, I, 349 ; sympathies de la —, I, 695 ; entre les membranes muqueuses et la —, I, 701 ; entre les membranes séreuses et la —, I, 702 ; mouvement vibratile de la —, II, 6.
PENCHANTS, II, 521 ; influence des états ... corps sur les —, II, 543.
...ÉE, II, 501, 519.
...INE, I, 436, 468.
...OSTE, I, 308.
...MEABILITÉ des membranes organiques, ..., 184, 189, 249.
PESANTEUR du sang, I, 87, 244.
PHLEGME, II, 537.
PHOSPHORESCENCE chez les animaux, I, 80 ; de la mer, I, 80 ; prétendue des yeux de certains animaux, I, 84.
PHRÉNOLOGIE, I, 779.
PHYSIOLOGIE. Définition, I, 1.
PHYSIQUE des nerfs, I, 539.
PICROMEL, I, 441.
PIGMENTS, II, 303.
PLACENTA, II, 728, 732.
PLANAIRES. Pouvoir reproducteur des —, I, 324.
PLANTES. Sommeil des —, I, 36 ; sommeil d'hiver des —, I, 79. *Voy.* VÉGÉTAUX.
PLICÆ Dorsales, II, 682.
PLUMES, I, 312 ; II, 767.
PNEUMOGASTRIQUES (nerfs). Leur influence sur les contractions du cœur, I, 610.
POILS. Accroissement des —, I, 312 ; composition chimique des —, I, 313 ; leur développement, II, 725.
POISONS, I, 193, 398.
POISSONS. Température des —, I, 72 ; organes électriques de quelques —, I, 58 ; pouvoir reproducteur des —, I, 324 ; vol... des —, II, 244 ; formes de l'organe auditif chez les —, II, 406 ; développement des —, II, 656, 663.
POITRINE. Voix de —, II, 499.

…des —, I, …323.

…du pouls selon …136; — selon la …; veineux, I, 142; …rition lumineuse du …

…25; leur intervention …19; structure des —, I, …tiles, I, 231; des oiseaux, …mmifères, I, 232; dévelop… —, II, 757.
…I, 521.
…, II, 340, 342; moyen d'y re… II, 344.
TIMENTS, II, 521.
N. Phénomènes de la lumière pro… la —, II, 387.
MOVENS, I, 43.
'E, I, 335.
E, I, 103.
)AIRES, I, 12.
E, I, 110, 431.
', II, 629; phénomènes de la —, II,

résence dans les vaisseaux lympha… I, 211; dans l'urine, I, 212.
CTION. Elle ne donne pas nais… ux infusoires, I, 9; ses rapports avec ration, I, 270.
, 340.

Q

UMEAUX (tubercules), I, 773.
PÈDES. Marche des —, II, 121.

R

Variétés chez les animaux et dans humaine, II, 785; — humaines, …; — caucasienne, II, 791; mon… , 792; américaine, II, 794; éthio… II, 795; malaise, 796.
LGIE, I, 748.
Racines sensitives et motrices des achidiens, I, 598; développement II, 737.
ES, I, 543.
s fonctions, I, 501, 505; sa struc… 501; sa contractilité, I, 505.
)N, I, 48.
ES (mouvements) du système ani… , 84; du système organique, II, 85.
ION, I, 654; phénomènes de —,

)ISSEMENT, I, 77.
RATION, I, 322; sans inflamma… tion, I, 326; des ongles, I, 327; des dents, I, 327; avec inflammation, I, 329; à la suite d'une inflammation exsudative, I, 329; des os, I, 330, 331; des tendons, I, 331; des cartilages, I, 331; de la moelle épinière, I, 339; du cerveau, I, 339; des nerfs, I, 334; des tissus dans l'inflammation suppurative, I, 339. *Voy.* REPRODUCTION.
REIL. Sa théorie de la vie et de la mort, I, 22.
REINS. Organisation des —, I, 369; fonctions des —, I, 536; composition chimique des —, I, 292; circulation spéciale des —, I, 792; développement des —, II, 757.
REPRODUCTION, I, 283; des tissus, I, 325; sans inflammation, I, 326; avec inflammation, I, 329; avec inflammation exsudative, I, 329; hérédité des modes de —, II, 801. *Voy.* RÉGÉNÉRATION.
REPTATION, II, 118.
REPTILES. Cœurs lymphatiques des —, I, 208; poumons des —, I, 231; pouvoir reproducteur des —, I, 324; voix des —, II, 232; formes de l'organe auditif chez les —, II, 408; développement des reptiles nus, II, 656, 663; des reptiles écailleux, II, 679.
RÉSEAUX admirables des artères et des veines, I, 183, 351; II, 49; des glandes lymphatiques, I, 351.
RESINE BILIAIRE, I, 441, 442.
RÉSOLUTIFS, I, 216.
RÉSORPTION, I, 216.
RESPIRATION en général, I, 33, 86, 220; des végétaux, I, 40; des animaux, I, 40; artificielle, I, 78; son influence sur le cœur, I, 152; gaz qui entretiennent le travail chimique de la —, I, 221; gaz respirables, mais qui n'entretiennent pas le travail chimique de la —, I, 221; différence du besoin de respirer chez les animaux, I, 228; travail chimique de la —, 223; appareil respiratoire, I, 224; — chez les holothuries, I, 225; chez les échinodermes, I, 226; chez les arachnides, I, 227; chez les insectes, I, 227; chez les poissons, I, 229; chez les reptiles, I, 230; respiration dans l'air, I, 232; changement qu'elle fait subir à l'air, I, 232; — dans l'eau, I, 238; analogie des deux modes de —, I, 239; des œufs d'animaux, I, 241; changements que subit le sang dans la —, I, 244; phénomènes physiques de cette fonction, I, 244; phénomènes chimiques de la —, 248; influence des boissons alcooliques sur la —, I, 256; but de la —, I, 259; métamorphose des matières animales par la —, I, 260; ses rapports avec la nourriture, I.

262; connexions entre la formation de la graisse et la —, 263; — des animaux à [illegible]haud, I, 264; des mammifères, I, [illegible]es oiseaux, I, 264; essence de la —, I, 265; — des mammifères hibernants, I, 266; des animaux à sang froid, I, 266; mouvements respiratoires, I, 270; — ses rapports avec la combustion, I, 270; ses rapports avec la putréfaction, I, 270; source des mouvements respiratoires, I, 770; influence des nerfs sur la —, I, 274; connexion entre la moelle allongée et la —, I, 275; développement des organes respiratoires, II, 757.

RÉTABLISSEMENT du sentiment, I, 335; du mouvement, I, 339.

[illegible], II, 318; son action dans la vision, [illegible]0; communication des états entre les [illegible]ses parties de la —, II, 368; conflit [illegible] les différentes parties de la —, II, [illegible]; excitation d'états opposés dans les [illegible]s contiguës de la —, II, 369.

[illegible] II, 564.

[illegible]R CADAVÉRIQUE, II, 42; cause [illegible]—, II, 44; influence de l'électro-magnétisme et de la foudre sur la —, II, 44; siége de la —, II, 44.

ROULEMENT résultant de l'arrachement du nerf facial, I, 615.

RUMINANTS. Dents des —, I, 319.

RUMINATION, I, 424.

RUT, II, 633.

S

SABOTS, I, 311.

SAC ombilical ou ventral, II, 666.

SAIGNÉES, influence de la saignée sur l'absorption, I, 193.

SALIVE, I, 429; nature chimique de la —, I, 430; action de la —, I, 448; deux appareils salivaires, I, 450; deux espèces de —, I, 450.

SANG, chaleur du —, I, 68; animaux à sang chaud, I, 68; température du —, I, 68, 74; animaux à sang froid, I, 71; coagulation du —, I, 87; couleur du —, I, 87, 244; liqueur du —, I, 87, 95; odeur du —, I, 87; pesanteur du —, I, 87, 244; saveur du —, I, 87; sérum du —, I, 87, 100; fibrine du —, I, 88, 95, 103, 108; quantité du —, I, 89; analyse microscopico-mécanique du —, I, 90; globules du —, I, 90; tableau comparatif de la composition du sang de l'homme et de celui des animaux domestiques, I, 101; analyse chimique du —, I, 102; état du fer dans le —, I, 106; matière grasse du —, I, 111; artérialisation du —, I, 114; influence vivifiante du —, I, 114; propriétés organiques du —, I, 114, excitation du sang veineux sur la moelle épinière, I, 114; transfusion du —, I, 115; force propulsive faussement attribuée au —, I, 116, 173; formation du —, I, 118; circulation du —, I, 124; vitesse du —, I, 149, 610; méthode imaginée par Volkmann pour déterminer la vitesse du —, I, 150; pression à laquelle il est soumis dans les artères, I, 161; mouvement du sang dans les capillaires, I, 172; influence des nerfs sur le mouvement du —, I, 174, influence de l'inspiration sur l'attraction du sang veineux, I, 179; vitesse de l'introduction et de la répartition des substances dissoutes dans le sang, I, 191; menstruel, I, 197; II, 632; pus mélangé avec le —, I, 211; métaux contenus dans le —, I, 218; changements qu'il subit dans la respiration, I, 244; composition des deux sangs, I, 244; quantité des gaz contenus dans les deux —, I, 245; composition des sels du —, I, 536; influence des aliments sur la composition du —, I, 536; présence du sucre dans le —, I, 538; mode d'action des poisons narcotiques sur le —, I, 583; mode d'action des narcotiques par le —, 584; présence normale de l'urée dans sang de bœuf, I, 791; son influence sur la contractilité des muscles, II, 48; mouvement visible du —, II, 387,—développement du système sanguin chez les poissons et les reptiles nus, II, 679.

SANGUINS (vaisseaux), sympathies des —, I, 699.

SARCOLÈME, II, 31.

SATIÉTÉ, I, 405.

SAUT, II, 123.

SAVEUR du sang, I, 87.

SCINTILLATION phosphorescente, I, 83.

SÉCRÉTIONS en général, I, 343, 381, 693; proprement dites, I, 343; purulentes, I, 339; appareils organiques des —, I, 345; mesures micrométriques des canaux sécrétoires, I, 381; causes des —, I, 383; influence des nerfs sur les —, I, 390; des émotions, I, 391; des passions, I, 391; influence des idées, II, 550; changements des —, I, 393; antagonisme des —, I, 394; évacuation des —, I, 396; urinaire, I, 521.

SENS, considérations générales sur les —, II, 259; impossibilité de suppléer un sens par un autre, II, 267; influence des idées sur les —, II, 545; développement des organes des sens chez le fœtus, II, 753.

SENSATIONS, I, 607, 634; associées, I, 647; mélangées ou coïncidentes, I, 650; définition des —, I, 711; II, 264; siége des —, I, 771; rotatoires, I, 790; audi-

pres au sens de la vue,
282.
ensité relative de
séparation du
598, 602; ré-
, 56; des mus-
ropriétés des —, I,
ne, I, 666, 679, 731,
623; son action dans la
.
nerfs de) —, I, 598; sympa-
les nerfs de mouvement et ceux
, 705; rétablissement du —, I,

ITS, II, 521.
sang, I, 87, 100.
nsion de la —, I, 215.
752; II, 605; la moelle épinière
ise de la puissance et de la tension
, I, 752; génération sans le con-
—, II, 569; organes sexuels, II,
orie de la génération par le con-
sexes, II. 649.
ectrique, I, 59, 60.
05.
S, dents des —, I, 319.
, II, 559; nature du —, II, 560;
nes du —, II, 563; explication des
nes du —, I, 679; d'hiver, I,
570; d'été de quelques animaux,
), 570; des plantes, I, 36, II, 561;
les plantes, I, 79.
ULISME, II, 566, 568.
e du —, I, 626; conditions géné-
la production du —, II, 128; —
[, 131; harmoniques, II, 131;
II, 200; accroissement de la force
I, 202; diminution de la force des
02; pureté des —, II, 204; — buc-
duits par l'homme, II, 229; sys-
s sons muets de la parole à voix
, 246; système des sons de la pa-
aute voix, II, 250; sensation du
264; mouvement ondulatoire dans
gation du —, II, 401; transmis-
son jusqu'au labyrinthe chez les
qui entendent dans l'eau, II, 412;
qui vivent dans l'air, II, 419;
sion des sons par la caisse du
et par les os de la tête, II, 446;
ir, II, 447; de l'eau, II, 448; des
ides, II, 449; distinctions des —,
audition de plusieurs sons simul-
, 463; harmonie des —, II, 466;
des —, II, 469; subjectifs, II,
y. Voix.
I, 663.
DZOAIRES, II, 623.

SPERME, II, 622; fusion du germe et du —, II, 654.
SPONGIOLES, I, 215.
STAHL, sa doctrine sur l'âme raisonnable, I, 21.
STATIQUE sympathique, I, 57.
STÉARINE, I, 301, 345.
STIMULANTS, I, 51; homogènes, I, 53; hétérogènes, I, 53.
STRABISME, II, 378.
SUC gastrique, I, 390; analyse chimique du —, I, 433; action du —, I, 450, 473; son aptitude à dissoudre les substances organiques, I, 462; sécrétion du —, I, 473; suc intestinal, I, 446; ses propriétés, I, 483; pancréatique, I, 445; ses caractères, son utilité, I, 481.
SUCRE, I, 498; composition du —, I, 499; ses effets quand il est nourriture exclusive, I, 402; sa présence dans le sang, I, 538; dans le foie, I, 540; théorie du sucre dans l'économie animale, I, 538.
SUEUR, I, 350, 516; analyse de la —, I, 519.
SUPPURATION, inflammation suppurative, I, 339.
SURDIMUTITÉ, II, 257.
SUREXCITATION, I, 55.
SURRÉNALES (capsules), I, 508.
SYMPATHIE organique générale, I, 57; animale, I, 57; des membranes muqueuses, I, 695; des membranes séreuses, I, 696; entre les membranes muqueuses et les membranes séreuses, I, 702; de la peau, I, 695; entre la peau et les membranes muqueuses, I, 701; entre la peau et les membranes séreuses, I, 702; du système fibreux, I, 696; du système lymphatique, I, 698; du tissu cartilagineux, I, 697; du tissu cellulaire, I, 695; du tissu glandulaire, I, 700; entre le tissu glandulaire et les membranes muqueuses, I, 702; du tissu musculaire, I, 697; du tissu osseux, I, 697; des diverses parties d'un tissu entre elles, I, 695; de tissus différents les uns avec les autres, I, 701; des tissus avec des organes entiers, I, 703; d'organes entiers entre eux, I, 704; des nerfs moteurs entre eux, I, 706; des nerfs pairs, I, 706; des nerfs sensitifs, I, 706; des nerfs avec les parties centrales du système nerveux, I, 705; entre les nerfs de mouvement et les nerfs de sentiment, I, 705; des vaisseaux sanguins, I, 699; des nerfs auditifs, II, 473.
SYMPATHIQUE (grand), lois de l'action et de la propagation dans le —, I, 673; ses effets dans les mouvements involontaires, I, 675; effets sensitifs du —, I, 687; effets organiques du —, I, 692; propriétés

262; connexions entre la formation de la graisse et la —, 263; — des animaux à sang chaud, I, 264; des mammifères, I, 264; des oiseaux, I, 264; essence de la —, I, 265; — des mammifères hibernants, I, 266; des animaux à sang froid, I, 266; mouvements respiratoires, I, 270; — ses rapports avec la combustion, I, 270; ses rapports avec la putréfaction, I, 270; source des mouvements respiratoires, I, 770; influence des nerfs sur la —, I, 274; connexion entre la moelle allongée et la —, I, 275; développement des organes respiratoires, II, 757.

RÉTABLISSEMENT du sentiment, I, 335; du mouvement, I, 339.

RÉTINE, II, 318; son action dans la vision, II, 350; communication des états entre les diverses parties de la —, II, 368; conflit entre les différentes parties de la —, II, 368; excitation d'états opposés dans les parties contiguës de la —, II, 369.

RÊVES, II, 564.

ROIDEUR CADAVÉRIQUE, II, 42; cause de la —, II, 44; influence de l'électro-magnétisme et de la foudre sur la —, II, 44; siége de la —, II, 44.

ROULEMENT résultant de l'arrachement du nerf facial, I, 615.

RUMINANTS. Dents des —, I, 319.

RUMINATION, I, 424.

RUT, II, 633.

S

SABOTS, I, 311.

SAC ombilical ou ventral, II, 666.

SAIGNÉES, influence de la saignée sur l'absorption, I, 193.

SALIVE, I, 429; nature chimique de la —, I, 430; action de la —, I, 448; deux appareils salivaires, I, 450; deux espèces de —, I, 450.

SANG, chaleur du —, I, 68; animaux à sang chaud, I, 68; température du —, I, 68, 74; animaux à sang froid, I, 71; coagulation du —, I, 87; couleur du —, I, 87, 244; liqueur du —, I, 87, 95; odeur du —, I, 87; pesanteur du —, I, 87, 244; saveur du —, I, 87; sérum du —, I, 87, 100; fibrine du —, I, 88, 95, 103, 108; quantité du —, I, 89; analyse microscopico-mécanique du —, I, 90; globules du —, I, 90; tableau comparatif de la composition du sang de l'homme et de celui des animaux domestiques, I, 101; analyse chimique du —, I, 102; état du fer dans le —, I, 106; matière grasse du —, I, 111; artérialisation du —, I, 114; influence vivifiante du —, I, 114; propriétés organiques du —, I, 114, excitation du sang veineux sur la moelle épinière, I, 116; transfusion du —, I, 115; force propulsive faussement attribuée au —, I, 116, 178; formation du —, I, 118; circulation du —, I, 124; vitesse du —, I, 149, 610; méthode imaginée par Volkmann pour déterminer la vitesse du —, I, 150; pression à laquelle il est soumis dans les artères, I, 161; mouvement du sang dans les capillaires, I, 172; influence des nerfs sur le mouvement du —, I, 175, influence de l'inspiration sur l'attraction du sang veineux, I, 179; vitesse de l'introduction et de la répartition des substances dissoutes dans le sang, I, 191; menstruel, I, 197; II, 632; pus mélangé avec le —, I, 211; métaux contenus dans le —, I, 218; changements qu'il subit dans la respiration, I, 244; composition des deux sangs, I, 264; quantité des gaz contenus dans les deux —, I, 245; composition des sels du —, I, 536; influence des aliments sur la composition du —, I, 536; présence du sucre dans le —, I, 538; mode d'action des poisons narcotiques sur le —, I, 569; mode d'action des narcotiques par le —, I, 584; présence normale de l'urée dans le sang de bœuf, I, 791; son influence sur la contractilité des muscles, II, 48; mouvement visible du —, II, 387, développement du système sanguin chez les poissons et les reptiles nus, II, 679.

SANGUINS (vaisseaux), sympathies des —, I, 699.

SARCOLÈME, II, 31.

SATIÉTÉ, I, 405.

SAUT, II, 123.

SAVEUR du sang, I, 87.

SCINTILLATION phosphorescente, I, 83.

SÉCRÉTIONS en général, I, 343, 381, 693; proprement dites, I, 343; purulentes, I, 339; appareils organiques des —, I, 345; mesures micrométriques des canaux sécrétoires, I, 381; causes des —, I, 383; influence des nerfs sur les —, I, 390; des émotions, I, 391; des passions, I, 391; influence des idées, II, 550; changements des —, I, 393; antagonisme des —, I, 394; évacuation des —, I, 396; urinaire, I, 521.

SENS, considérations générales sur les —, II, 259; impossibilité de suppléer un sens par un autre, II, 267; influence des idées sur les —, II, 545; développement des organes des sens chez le fœtus, II, 753.

SENSATIONS, I, 607, 634; associées, I, 647; mélangées ou coïncidentes, I, 650; définition des —, I, 711; II, 264; siége des —, I, 771; rotatoires, I, 790; audi-

II, 260 ; propres au sens de la vue,); internes, II, 282.
LITÉ, I, 653 ; intensité relative de ibilité tactile, I, 652 ; séparation du ment et de la —, I, 598, 602 ; ré- te, I, 672, 728 ; II, 56 ; des mus- I, 33.
IELS (nerfs), propriétés des —, I,

IUM *commune*, I, 666, 679, 731, 733 ; II, 523 ; son action dans la , II, 350.
ENT (nerfs de) —, I, 598 ; sympa- ntre les nerfs de mouvement et ceux I, 705 ; rétablissement du —, I,

ENTS, II, 521.
du sang, I, 87, 100.
scension de la —, I, 215.
I, 752 ; II, 605 ; la moelle épinière cause de la puissance et de la tension les, I, 752 ; génération sans le con- des —, II, 569 ; organes sexuels, II, héorie de la génération par le con- des sexes, II. 649.
électrique, I, 59, 60.
405.
DES, dents des —, I, 319.
L, II, 559 ; nature du —, II, 560 ; mènes du —, II, 563 ; explication des mènes du —, I, 679 ; d'hiver, I, , 570 ; d'été de quelques animaux, 80, 570 ; des plantes, I, 36, II, 561 ; r des plantes, I, 79.
ABULISME, II, 566, 568.
esse du —, I, 626 ; conditions géné- le la production du —, II, 128 ; — II, 131 ; harmoniques, II, 131 ; , II, 200 ; accroissement de la force , II, 202 ; diminution de la force des 202 ; pureté des —, II, 204 ; — buc- roduits par l'homme, II, 229 ; sys- des sons muets de la parole à voix II, 246 ; système des sons de la pa- haute voix, II, 250 ; sensation du , 264 ; mouvement ondulatoire dans pagation du —, II, 401 ; transmis- lu son jusqu'au labyrinthe chez les ux qui entendent dans l'eau, II, 412 ; ux qui vivent dans l'air, II, 419 ; nission des sons par la caisse du n et par les os de la tête, II, 446 ; l'air, II, 447 ; de l'eau, II, 448 ; des solides, II, 449 ; distinctions des —, 9 ; audition de plusieurs sons simul- II, 463 ; harmonie des —, II, 466 ; on des —, II, 469 ; subjectifs, II, *Voy.* VOIX.
S, I, 663.
ZOAIRES, II, 623.
SPERME, II, 622 ; fusion du germe et du —, II, 654.
SPONGIOLES, I, 215.
STAHL, sa doctrine sur l'âme raisonnable, I, 21.
STATIQUE sympathique, I, 57.
STÉARINE, I, 301, 345.
STIMULANTS, I, 51 ; homogènes, I, 53 ; hétérogènes, I, 53.
STRABISME, II, 378.
SUC gastrique, I, 390 ; analyse chimique du —, I, 433 ; action du —, I, 450, 473 ; son aptitude à dissoudre les substances organiques, I, 462 ; sécrétion du —, I, 473 ; suc intestinal, I, 446 ; ses propriétés, I, 483 ; pancréatique, I, 445 ; ses caractères, son utilité, I, 481.
SUCRE, I, 498 ; composition du —, I, 499 ; ses effets quand il est nourriture exclusive, I, 402 ; sa présence dans le sang, I, 538 ; dans le foie, I, 540 ; théorie du sucre dans l'économie animale, I, 538.
SUEUR, I, 350, 516 ; analyse de la —, I, 519.
SUPPURATION, inflammation suppurative, I, 339.
SURDIMUTITÉ, II, 257.
SUREXCITATION, I, 55.
SURRÉNALES (capsules), I, 508.
SYMPATHIE organique générale, I, 57 ; animale, I, 57 ; des membranes muqueuses, I, 695 ; des membranes séreuses, I, 696 ; entre les membranes muqueuses et les membranes séreuses, I, 702 ; de la peau, I, 695 ; entre la peau et les membranes muqueuses, I, 701 ; entre la peau et les membranes séreuses, I, 702 ; du système fibreux, I, 696 ; du système lymphatique, I, 698 ; du tissu cartilagineux, I, 697 ; du tissu cellulaire, I, 695 ; du tissu glandulaire, I, 700 ; entre le tissu glandulaire et les membranes muqueuses, I, 702 ; du tissu musculaire, I, 697 ; du tissu osseux, I, 697 ; des diverses parties d'un tissu entre elles, I, 695 ; de tissus différents les uns avec les autres, I, 701 ; des tissus avec des organes entiers, I, 703 ; d'organes entiers entre eux, I, 704 ; des nerfs moteurs entre eux, I, 706 ; des nerfs pairs, I, 706 ; des nerfs sensitifs, I, 706 ; des nerfs avec les parties centrales du système nerveux, I, 705 ; entre les nerfs de mouvement et les nerfs de sentiment, I, 705 ; des vaisseaux sanguins, I, 699 ; des nerfs auditifs, II, 473.
SYMPATHIQUE (grand), lois de l'action et de la propagation dans le —, I, 673 ; ses effets dans les mouvements involontaires, I, 675 ; effets sensitifs du —, I, 687 ; effets organiques du —, I, 692 ; propriétés

du —, I, 730; effets moteurs du —, I, 732; mouvements automatiques qui en dépendent, II, 69.
SYNOVIE, I, 346.
SYSTÈMES organiques des animaux, I, 43; nerveux, I, 38; formes principales du —, I, 539 (*voy.* NERVEUX); système et propriétés des fibres grises ou organiques, I, 622; système vasculaire, I, 86; ses formes dans le règne animal, I, 124; diverses parties du —, I, 159; métamorphose des aliments dans le —, I, 485.
SYSTÈME cutané, mouvement vibratile du —, II, 6.
SYSTOLE, I, 138.

T

TACHE germinative, II, 618.
TAURINE, I, 442.
TEMPÉRAMENTS, II, 556.
TEMPÉRATURE des animaux à sang chaud, I, 68; du sang, I, 68, 74; des poissons, I, 72; des amphibies, I, 72, 76; des invertébrés, I, 73; des insectes, I, 76; son action sur les nerfs, I, 570; sur la production des variétés, II, 788.
TENDONS. Régénération des —, I, 331.
TERREAU, I, 5.
TESTICULES, I, 376.
TÊTE. Voix de —, II, 199.
THYMUS, I, 511.
THYROÏDE, I, 510.
TISSUS. Changements organico-chimiques qui surviennent dans les —, I, 220; — à base albumineuse, I, 290: cellulaire, I, 293; II, 21, 768; sympathies de ce tissu, I, 695; — qui donnent de la colle, I, 293; II, 21; contractile, II, 18; contractile du dartos, I, 294; II, 24; des membranes séreuses, I, 294; cartilagineux, I, 295; sympathies de ce tissu, I, 697; — fibreux, I, 295; tendineux, I, 295; II, 769; élastique, I, 299; II, 769; élastique et contractile des artères, II, 25; adipeux, I, 300; dentaire, I, 315, 327; musculaire, II, 27; sympathies de ce tissu, I, 697; — du cristallin, I, 321; cornés, I, 327; reproduction des —, I, 325; reproduction des tissus sans inflammation, I, 326; sympathies du tissu osseux, I, 697; sympathies du tissu glandulaire, I, 700; sympathies des organes entiers avec des —, I, 703; sympathies de tissus différents les uns avec les autres, I, 701; — leur régénération dans l'inflammation suppurative, I, 339; développement des —, II, 764.
TONICITÉ des artères, I, 165.
TORPILLE, I, 59.
TOUCHER, II, 260, 485; ses 486; son étendue, II, 486; modes d'énergie du, II, 488; — influence de l'imagination sur les sensations du —, II, 489; sensations subjectives du —, II, 491; sensations consécutives du —, II, 491; contrastes du —, II, 491; — accompagné de mouvement, II, 491; table indicative de la finesse du toucher dans les diverses parties, I, 650; intensité relative de la sensibilité tactile, I, 652.
TOURNOIEMENT, I, 789; résultant de l'arrachement du nerf facial, I, 615.
TOUX, I, 277, 278.
TRACHÉE-ARTÈRE. Contractilité de la —, I, 273.
TRACHÉES, I, 227.
TRANSFUSION du sang, I, 115.
TRANSPIRATION. Chaleur produite par la —, I, 256; — cutanée, I, 516; son but, I, 71, 519; changements qu'elle peut subir, I, 520.
TRANSPLANTATION des parties vivantes, I, 328, 330.
TREVIRANUS. Ses observations sur la génération spontanée des infusoires, I, 19.
TRIJUMEAU (nerf), I, 603, 713; propriétés du —, I, 718.
TRITICUM, I, 15.
TROMPE D'EUSTACHE. Ses usages, II, 257.
TROT, II, 122.
TUBERCULES, II, 594.
TURGESCENCE, I, 176.
TYPES, II, 787.

U

URÉE, I, 3, 33, 121; où se forme l' —, I, 525; quand l'urine ne contient pas d' —, I, 526; — sa présence normale dans le sang de bœuf, I, 791.
URINE, I, 31, 32, 121, 122; présence du pus dans l' —, I, 212; caractères de l' —, I, 521; analyse de l' —, I, 522; influence des aliments sur la composition de l' —, I, 526; rapport entre la densité de l'urine et la quantité d'urée, I, 528; — fébrile, I, 533.
URINAIRES (organes). Leur intervention dans la mort, I, 20; leur développement, II, 737.
URINATION, II, 86.

V

VACILLEMENT, II, 202.
VACUITÉ des artères, I, 169.
VAGINA *capitis*, II, 683; — *Cavda*, II, 684.
VAGUE (nerf). Ses propriétés, I, 608, 726.
VAISSEAUX capillaires sanguins, I, 44; 169; structure des —, I, 169; mouvement

g dans les —, I, 172; preuves de
ıtion directe par les —, I, 185;
e dont ils se comportent dans l'ab-
n, I, 185; manière dont ils se com-
dans l'exhalation, I, 185; promp-
ıvec laquelle les substances dissoutes
luisent dans les —, I, 192; méca-
de l'absorption par les —, I. 213;
transformatrice des —, I, 213.
UX lymphatiques, I, 44, struc-
s —, I, 201; origine des —, I, 201;
07; disposition des vaisseaux lym-
ıes les plus petits, I, 201; fonc-
es —, I, 209; absorption par les —,
0; changements que les liquides
ent dans les —, I, 216; vaisseaux
naires, II, 746.
ÉS chez les animaux et dans l'espèce
ıe, II, 785.
ERRANS, I, 378.
ASORUM, I, 366, 367, 368.
AIRE (système). Formations locales
ılières dans le —, I, 180; dévelop-
t du —, II, 745.
UX. Ils transforment et produisent
la matière organique, I, 8; analogies
érences des animaux et des —, I,
ouvements des —, I, 36; sommeil
, I, 36; II, 561; mode d'alimenta-
es —, I, 37; assimilation chez les
39, 41; circulation chez les —, I,
spiration des —, I, 40; lois de l'ab-
ın chez les —, I, 214; digestion des
nces végétales, I, 414; tissu con-
ı des —, II, 18; multiplication des
, 569; formation de bourgeons chez
, II, 592.
, I, 179; sur la communication di-
entre la veine porte et la veine
I, 149; réseaux admirables des —,
, 351; prétendue faculté absorbante
, I, 189; développement des —, II,

. Innocuité de certains venins dans
nac, I, 193.
LOQUE, II, 254.
caséeux, I, 516; II, 726,
testinaux, I, 14.
IRÉS. OEil des —, II, 313.
LE blastodermique, II, 708; — de
, II, 618; — ombilicale, II, 708; —
rkinje, II, 618.
natatoire des poissons, I, 185; ap-
de résonnance pour les ondes sonores
ıversent le corps de l'animal, II, 418.
ULE de l'oreille, II, 452.
ILE (mouvement), II, 5; parties
lesquelles on observe le mouvement
, 6; organes du —, II, 9; phéno-
du —, II, 12; nature du —, I, 13.

VIBRATIONS, II, 391.
VIE. Son essence, I, 16; théorie de Reil sur la —, I, 22; ses conditions extérieures, I, 24; — animale, I, 36; sa durée chez les animaux privés de nourriture, I, 408; divisibilité du principe de la —, I, 765; — morale, I, 767; différence entre l'âme et la —, II, 500.
VILLOSITÉS intestinales, I, 202; 486; texture des —, I, 205.
VISCÈRES. Membranes séreuses des —, I, 346; rapports entre les passions et les —, I, 763.
VISION. Espèces possibles d'appareils de — II, 282; théorie de la vision d'après la structure des yeux, II, 320; — au moyen d'yeux composés et de milieux dioptriques isolés par du pigment, II, 321; étendue du champ visuel, II, 322; angle optique, II, 323; — au moyen d'yeux pourvus d'appareils réfringents, II, 324; changements intérieurs dans l'œil pour la vision distincte à des distances diverses, II, 329; action de la rétine et du sensorium dans la —, II, 350; grandeur du champ visuel dans la représentation, II, 353; image de son propre corps dans le champ visuel, II, 356; effets de l'attention dans la —, II, 363, effets consécutifs des impressions visuelles, II, 363; phénomènes subjectifs de —, II, 386. *Voy.* VUE et COULEURS.
VISIONNAIRES, II, 548.
VISIONS, II, 546.
VIVIPARES acotylédonés, II, 727; — cotylédones, II, 728.
VOIX, II, 127, 167; organe vocal de l'homme, II, 167; causes des changements de sons de cet organe, II, 172; nature de l'organe vocal, II, 192; étendue de la —, II, 197; espèces diverses de —, II, 198; espèces de voix des divers individus, II, 198; espèce de voix d'un même individu, II, 199;—de fausset, II, 184, 199;— de poitrine, II, 184, 199;—de tête, II, 199; timbre particulier de la —, II, 201; — nasillarde, II, 201; — sombrée, II, 201; force de la —, II, 202; perfection de l'instrument vocal chez l'homme, I, 205; compensation des forces physiques dans l'organe vocal de l'homme, II, 205; sons buccaux produits par l'homme, II, 229; voix des mammifères, II, 231; — des reptiles, II, 232; des oiseaux, II, 233; — des poissons, II, 244; voix basse, II, 246; voix haute, II, 250. *Voy.* PAROLE et SONS.
VOL, II, 116.
VOLONTÉ. Siége de l'influence de la —, I, 770; son influence sur le mouvement, II, 93.
VOLONTAIRES (mouvements), II, 92.

VOMISSEMENT. Mode d'origine du —, I, 427, 425.
VOMITIFS, I, 427.
VOYELLES, II, 251; — muettes, II, 246.
VUE, II, [illegible]0; ses conditions physiques, II, 282; espèces possibles d'appareils de vision, II, 282; conditions physiques de la production des images par des milieux réfringents, II, 288; théorie de la vision d'après la structure des yeux, II, 320; degré de netteté de l'image qui se projette dans l'œil, II, 321; — de près et de loin, II, 321; défaut de netteté des objets trop rapprochés, II, 340; changement de la portée de la vue par les verres grossissants, II, 345; action du sens de la vue au dehors, II, 355; — renversée et vue droite, II, 357; direction de la —, II, 359; jugement porté d'après la vue sur la forme, la grandeur, la distance et le mouvement des objets, II, 361; — simple avec deux yeux, II, 374; — double avec deux yeux, II, 3[illegible]; seconde —, II, 548. *Voy.* [illegible]

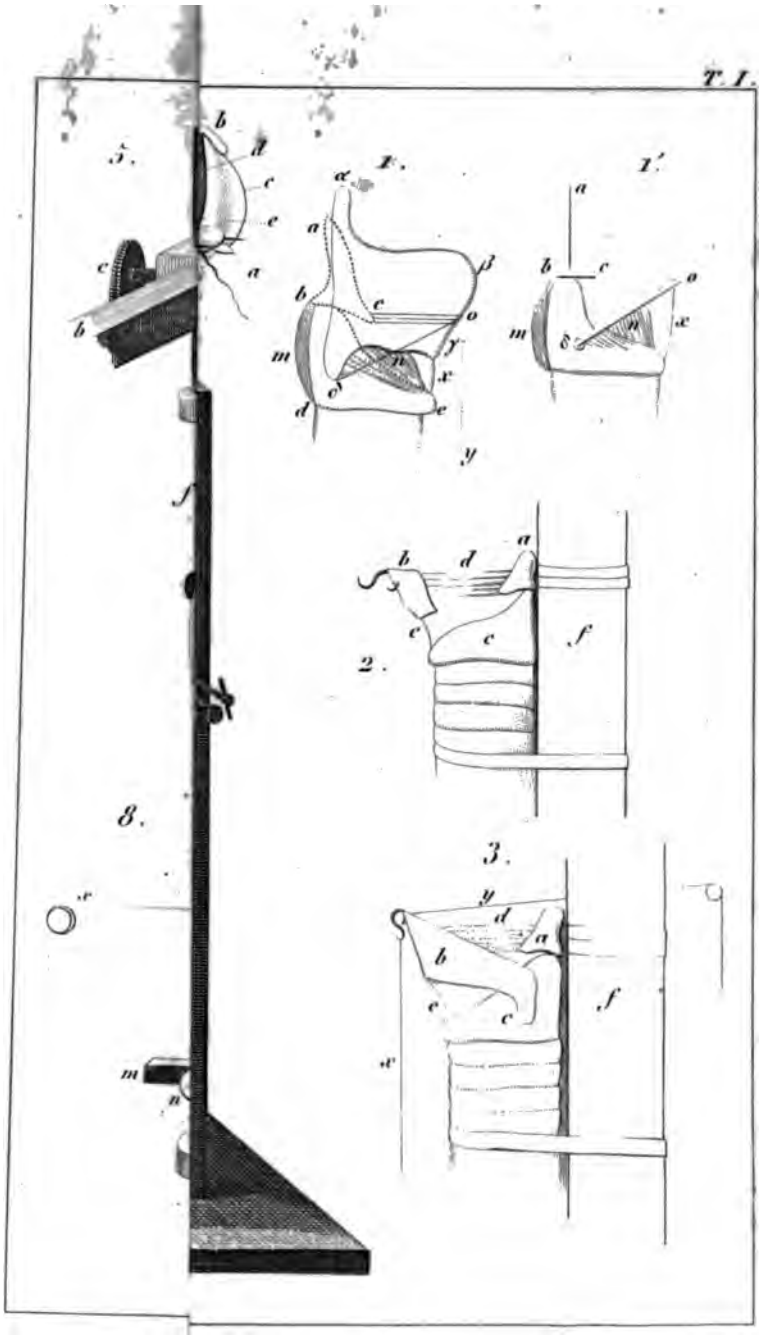
Y

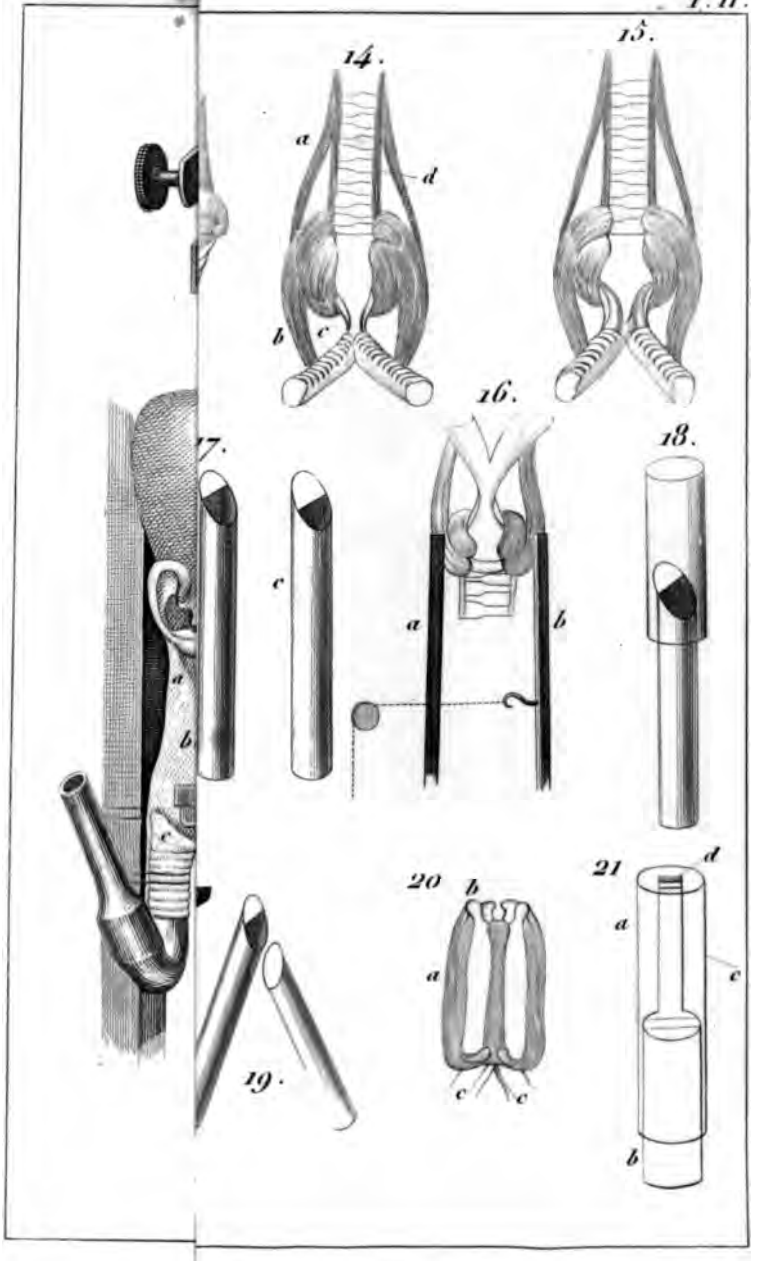
YEUX simples, II, 30[illegible], 311; — composés, II, 309; — des insectes, II, 312; — des mollusques, II, 312; action simultanée des deux yeux, II, 374; rivalité entre les champs visuels des deux yeux, II, 3[illegible]. *Voy.* Œil.

Z

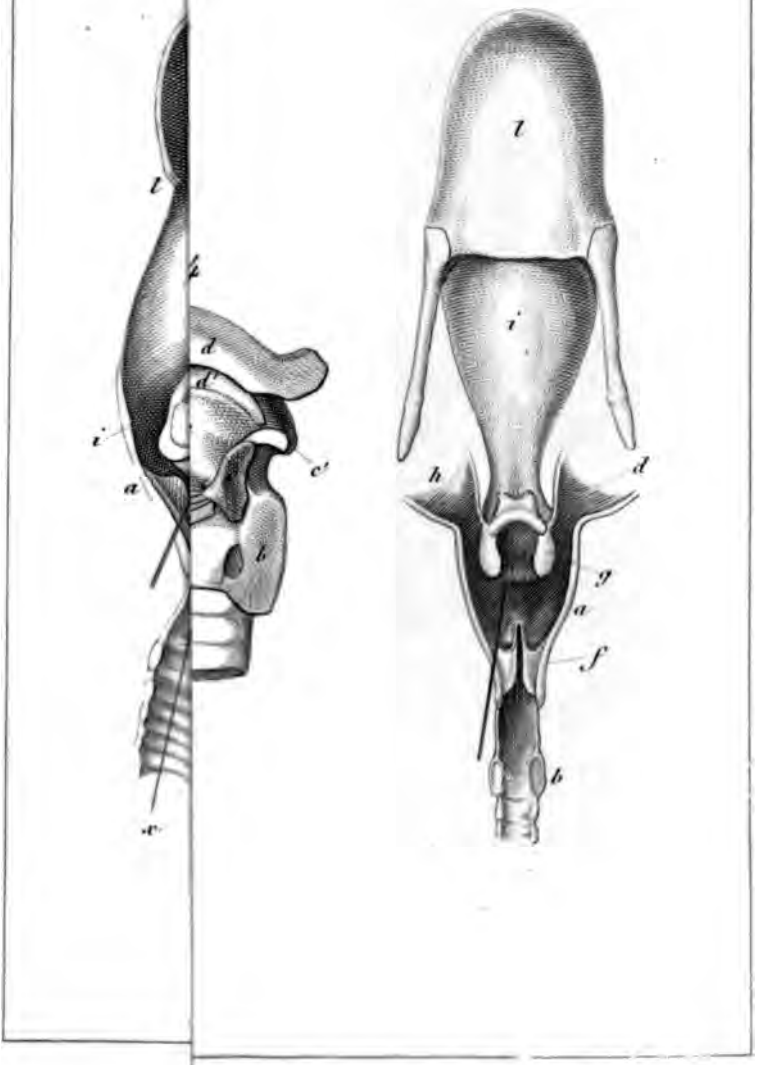
ZONE transparente, II, 634.
ZOOSPERMES, II, 62[illegible].

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.


T. I.
5.
b
d
c
e
a
c
b
f
8.
x
m
n
x.
α
a
β
b
c
o
m
n
y
x
d
e
y
1.
a
b
c
o
m
δ
n
x
2.
b
d
a
c
c
f
3.
y
d
a
b
c
c
f
e


14.
15.
16.
17.
18.
19.
20
21
a
b
c
d

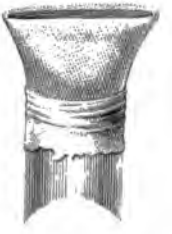
27.



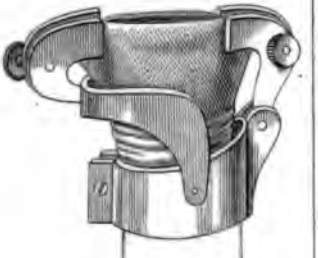
36.

29.

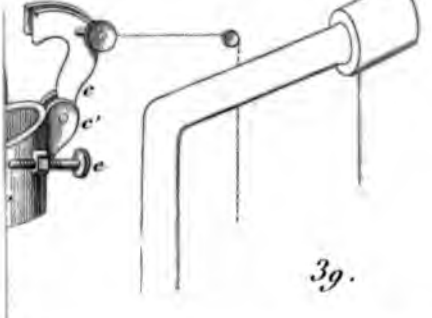
38.



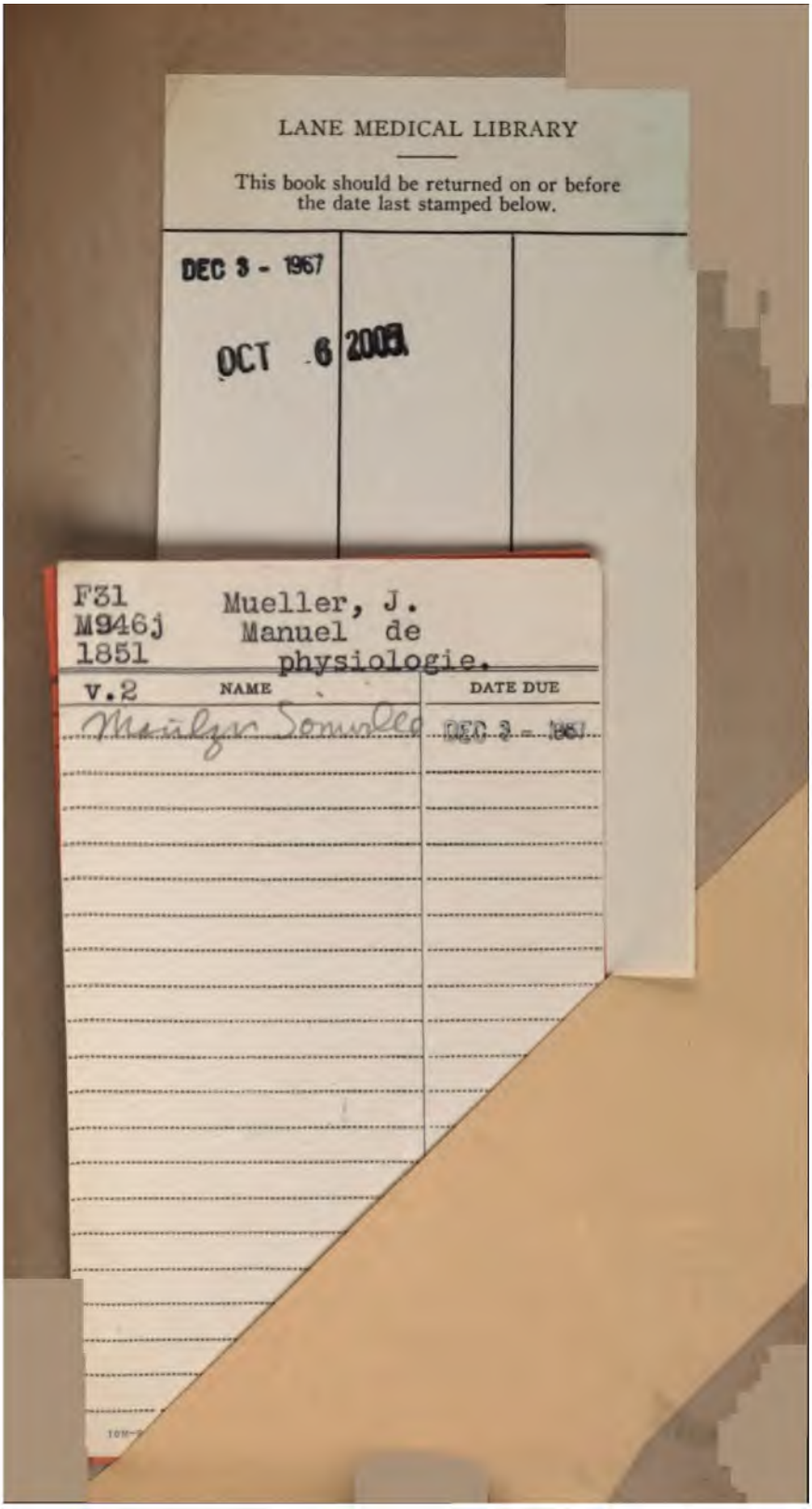
30



31.



39.


LANE MEDICAL LIBRARY

This book should be returned on or before the date last stamped below.

DEC 3 - 1967

OCT 6 2005

F31
M946j
1851

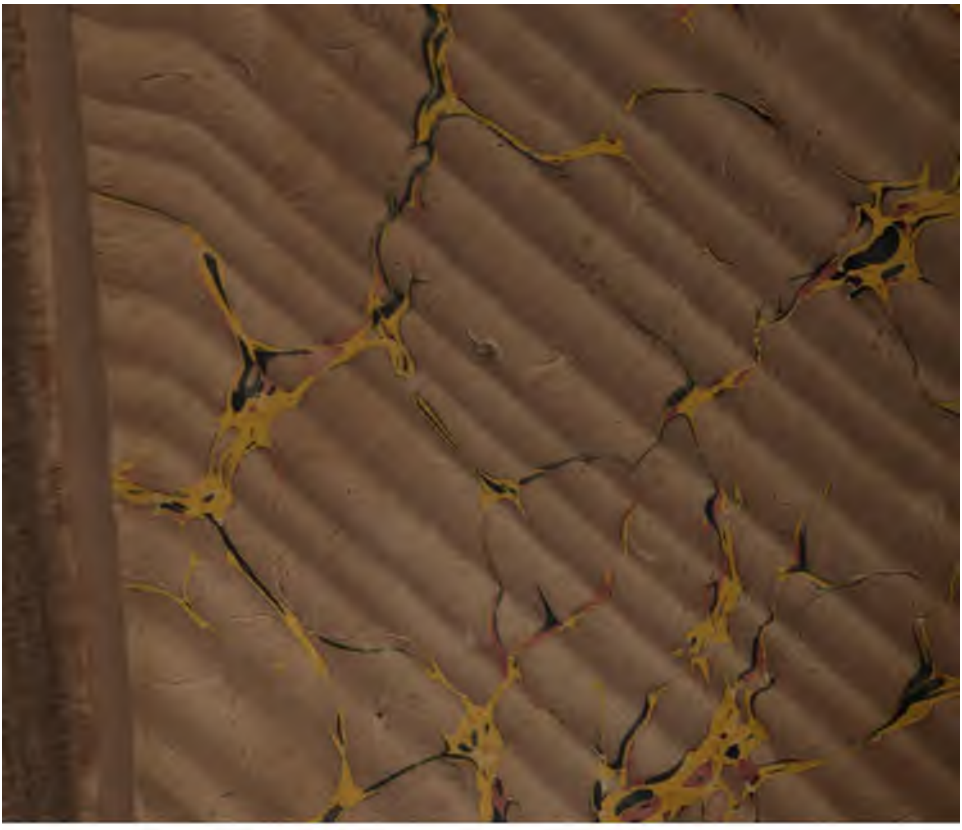
Mueller, J.
Manuel de physiologie.

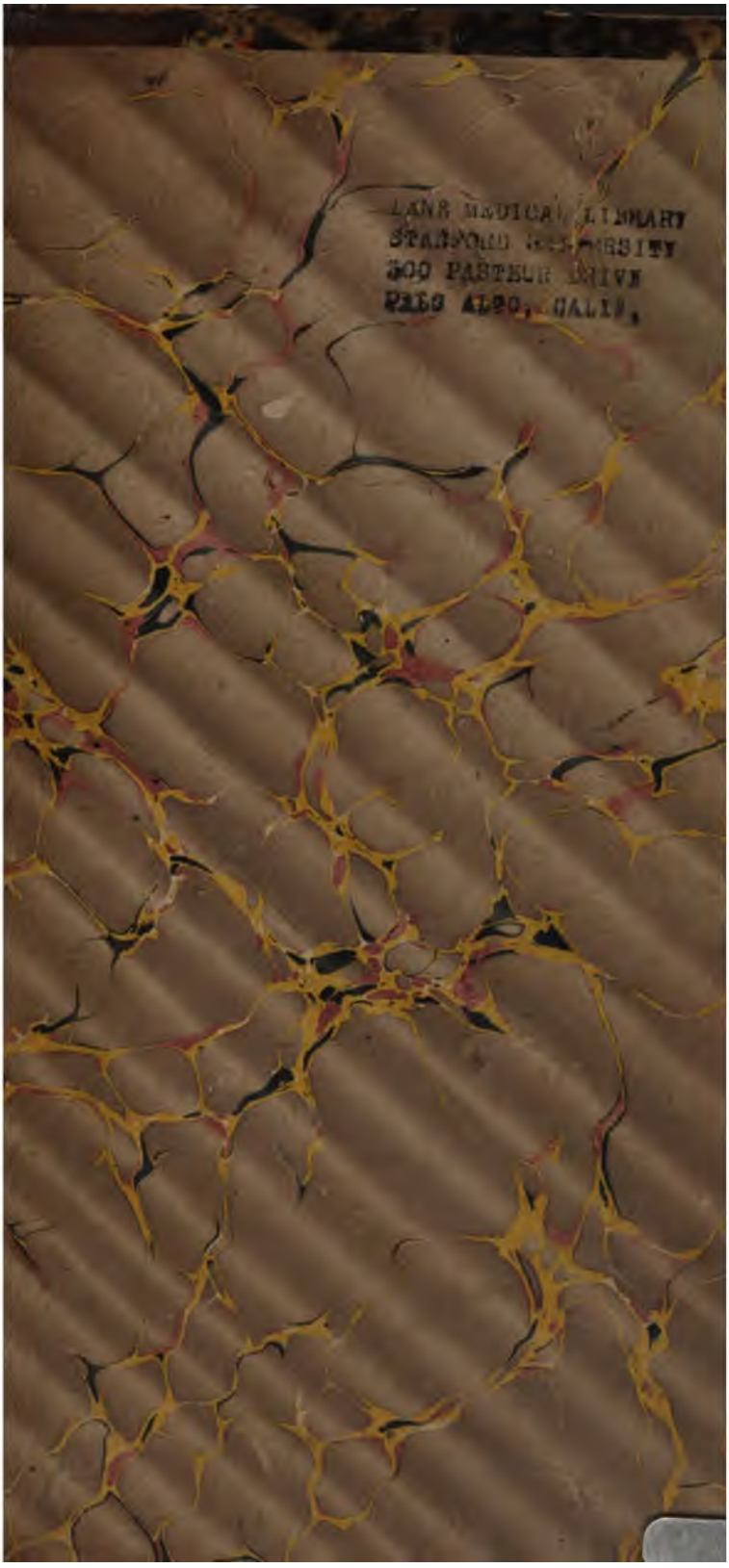
V.2

NAME

DATE DUE

DEC 3 - 1967




LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.